



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Departamento de Ingeniería Eléctrica

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:
ELECTRICIDAD

PROYECTO FIN DE CARRERA

**PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN
SISTEMA DE REGADÍO POR GOTEÓ, DE SETENTA MIL
OLIVAS SITUADAS EN LOS PARAJES DEL TOSCÓN Y
ESPINARES.**

Autor: Juan Antonio Velasco González

Tutor: Jaime Montoya Lorrhondo

Leganés, Diciembre de 2010

“La agricultura es la profesión propia del sabio,
la más adecuada al sencillo y la ocupación más
digna para todo hombre libre”.

CICERÓN

Es de ser bien nacidos el ser agradecidos.

Me gustaría empezar esta serie de agradecimientos con una persona muy especial. Mi abuelo Alfonso, quién me ha ayudado, guiado y me sirve y servirá de referencia. Te lo dedico a ti, y aunque ya no estés a mi lado y no puedas ver esta “cosecha” espero que allá donde estés la disfrutes tanto o más como esos días entre tus olivas.

Agradezco los ánimos y ayuda de toda mi familia, en especial de mi madre María, mi padre Juan Antonio, mi tía Lucía y como no, mi hermana María Fátima Velasco González, quienes gracias a ellos, he conseguido llegar a el fin de esta etapa que no será más que el comienzo de otra.

De igual manera, debo dar las gracias a todos esos compañeros universitarios que empezaron como desconocidos y que ahora son amigos. Gracias María, Miguel.A, Raúl por esos ratos de estudio y prácticas. Por vuestra comprensión y atención hacia mi persona. Parte de este logro también es gracias a vosotros.

No me quiero ni puedo olvidar de una persona especial, que lo ha sido y lo seguirá siendo. Gracias Natalia por tu comprensión y saber estar.

Tampoco quiero olvidarme del mundo del ciclismo que tantas alegrías y tristezas me ha dado, pero que poco a poco me fue forjando como persona. Estoy seguro que sin ese “tiempo perdido” hoy no estaría donde estoy, con todos mis fallos y mis virtudes me hizo crecer interiormente. Gracias Ismael y Manu.

Me gustaría dar las gracias a cierta parte del personal docente de la Universidad Carlos III de Madrid, qué me ha proporcionado conocimientos para desenvolverme como ingeniero y también como persona. Destaco a mi tutor Jaime Montaya Llorahondo que con paciencia y amabilidad me ha escuchado, ayudado y dirigido en este proyecto.

Por último... y con toda mi humildad, doy las gracias a esas personas que con sus desaires, trabas o falta de confianza hacia mi, me han hecho más fuerte, confiar más en mi y saber que puedo. Aquí estoy.

ÍNDICE

RESUMEN	8
CAPÍTULO 1: MEMORIA	10
1.1 Objeto del proyecto	11
1.2 Descripción general	11
1.3 Antecedentes.....	12
1.4 Emplazamiento	13
1.5 Descripción de la instalación.....	14
1.5.1 Red aérea de media tensión	15
1.5.1.2 Materiales a emplear.....	15
1.5.1.2.1 Conductor	16
1.5.1.2.2 Aislamiento.....	17
1.5.1.2.3 Herraje de cadenas de aisladores	18
1.5.1.2.4 Apoyos metálicos	19
1.5.1.3 Puesta a tierra.....	24
1.5.1.4 Seccionador unipolar	24
1.5.1.5 Seccionador tripolar.....	25
1.5.1.6 Cortacircuitos fusibles	26
1.5.1.7 Protección autoválvula	26
1.5.1.8 Placa de peligro de muerte.....	27
1.5.2 Red subterránea de media tensión	28
1.5.2.1 Características del tramo subterráneo.....	28
1.5.2.2 Características del conductor subterráneo	28
1.5.2.3 Zanjas	29
1.5.2.4 Canalizaciones	29
1.5.2.5 Puesta a tierra.....	29
1.5.2.6 Elementos de protección y maniobra.....	30
1.5.2.7 Terminales	30
1.5.3 Centro de transformación	31
1.5.3.1 Características generales del centro de transformación.....	31
1.5.3.2 Descripción de la instalación	31
1.5.3.2.1 Obra civil	31
1.5.3.2.2 Instalación eléctrica	35
1.5.3.2.2.1 Características de la red de alimentación.	35
1.5.3.2.2.2 Características de la aparamenta de media tensión.	35
1.5.3.2.2.3 Características de la aparamenta de baja tensión.....	42
1.5.3.2.2.4 Características del material vario de AT y BT	42
1.5.3.2.3 Medida de la energía eléctrica	43
1.5.3.2.4 Puesta a tierra.....	44
1.5.3.2.4.1 Tierra de protección.....	44
1.5.3.2.4.2 Tierra de servicio	44
1.5.3.2.5 Relés de protección, automatismo y control.....	44

1.5.3.2.6 Instalaciones secundarias.....	46
1.5.3.2.6.1 Alumbrado	46
1.5.3.2.6.2 Protección contra incendios.....	46
1.5.3.2.6.3 Medidas de seguridad.....	47
1.5.3.2.7 Ventilación.	47
CAPÍTULO 2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	49
2.1 Descripción de la línea aérea	50
2.1.1 Cálculo eléctrico de la línea.....	51
2.1.1.1 Características de la línea	51
2.1.1.2 Características del conductor.....	52
2.1.1.2.1 Datos generales del conductor	52
2.1.1.2.2 Determinación del material del conductor.....	53
2.1.1.2.3 Justificación de la sección del conductor	56
2.1.1.2.4 Intensidad máxima admisible	56
2.1.1.3 Resistencia total de la línea	58
2.1.1.4 Reactancia total de la línea	59
2.1.1.5 Capacidad total de la línea.....	60
2.1.1.6 Circuito equivalente.....	61
2.1.1.7 Intensidad máxima por límite térmico.....	62
2.1.1.8 Cálculo de la caída de tensión	66
2.1.1.9 Pérdidas de potencia por efecto joule	67
2.1.1.10 Pérdidas por efecto corona	68
2.1.1.11 Coordinación de aislamiento	69
2.1.1.11.1 Sobretensiones soportadas	69
2.1.1.11.2 Cálculo de la línea de fuga	72
2.1.1.11.3 Elección del aislador y diseño de las cadenas	73
2.1.1.12 Cálculo de la protección autovalvular	75
2.1.2 Cálculo mecánico de los conductores.....	76
2.1.2.1 Cálculo del vano regulador.....	76
2.1.2.2 Características del conductor.....	77
2.1.2.3 Acciones consideradas.....	77
2.1.2.4 Hipótesis de tracción máxima.....	80
2.1.2.5 Hipótesis de tracciones dinámicas.....	81
2.1.2.6 Tablas de tendido.....	88
2.1.2.7 Separación de conductores entre sí.....	106
2.1.2.8 Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables	108
2.1.2.9 Altura de los apoyos	110
2.1.2.10 Cálculo mecánico de los apoyos.....	111
2.1.2.10.1 Hipótesis de cálculo.....	111
2.1.2.10.2 Términos a tener en consideración	113
2.1.2.10.3 Cálculo de los apoyos	116
2.1.2.10.3.1 Apoyos de amarre.....	117
2.1.2.10.3.2 Apoyos de ángulo-amarre.....	119
2.1.2.10.3.3 Apoyos de inicio y fin de línea.....	128
2.1.2.11 Elección de apoyos	130

2.1.2.12 Cálculo de las cimentaciones.....	131
2.1.2.13 Cálculo mecánico de los herrajes	133
2.1.2.13.1 Casos generales.....	133
2.2 Línea subterránea.....	135
2.2.1 Cálculos mecánicos	135
2.2.2 Cálculos eléctricos	136
2.2.2.1 Caída de tensión	136
2.2.2.2 Intensidad máxima admisible	136
2.3 Centro de transformación	138
2.3.1 Intensidad de alta tensión	138
2.3.2 Intensidad en baja tensión	138
2.3.3 Cortocircuito.....	139
2.3.3.1 Observaciones.....	139
2.3.3.2 Cálculo de las corrientes de cortocircuito.....	139
2.3.3.3 Cortocircuito en el lado de alta tensión	140
2.3.3.4 Cortocircuito en el lado de baja tensión	140
2.3.4 Dimensiones del embarrado	140
2.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente.....	140
2.3.4.2 Comprobación por sollicitación electrodinámica.	141
2.3.4.3 Comprobación por sollicitación térmicas	141
2.3.5 Selección de las protecciones de alta y baja.....	142
2.3.6 Dimensionado de la ventilación del centro de transformación.....	142
2.3.7 Dimensiones del pozo apagafuegos.....	143
2.3.8 Cálculo de la instalaciones de puesta a tierra	144
2.3.8.1 Investigación de las características del suelo	144
2.3.8.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.	144
2.3.8.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	145
2.3.8.3.1 Tierra de protección.....	145
2.3.8.3.2 Tierra de servicio	146
2.3.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	147
2.3.8.4.1 Tierra de protección.....	147
2.3.8.4.2 Tierra de servicio	148
2.3.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	148
2.3.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	149
2.3.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.....	150
2.3.8.8 Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	151
2.3.8.9 Corrección y ajuste del diseño inicial.....	151
CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES	152
3.1 Condiciones generales.....	153
3.1.1 Objeto	153
3.1.2 Campo de aplicación	153
3.1.3 Disposiciones generales.....	153
3.1.3.1 Condiciones facultativas legales.....	154
3.1.3.2 Seguridad en el trabajo	154
3.1.3.3. Seguridad pública	155

3.1.4 Organización del trabajo.....	155
3.1.4.1 Datos de la obra	156
3.1.4.2 Replanteo de la obra	156
3.1.4.3 Mejoras y variaciones del proyecto	156
3.1.4.4 Recepción del material	157
3.1.4.5 Organización.....	157
3.1.4.6 Ejecución de las obras	158
3.1.4.7 Subcontratación de las obras	158
3.1.4.8 Plazo de ejecución	159
3.1.4.9 Recepción provisional	159
3.1.4.10 Periodos de garantía.....	160
3.1.4.11 Recepción definitiva.....	160
3.1.4.12 Pago de obras.....	160
3.1.4.13 Abono de materiales acopiados	161
3.1.5 Disposición final.....	161
3.2 Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de líneas eléctricas aéreas de alta tensión.....	162
3.2.1 Objeto y campo de aplicación	162
3.2.2 Ejecución del trabajo	162
3.2.2.1 Replanteo de los apoyos	162
3.2.2.2 Apertura de hoyos.....	163
3.2.2.3 Transporte, acarreo y acopio a pie de hoyo	164
3.2.2.4 Cimentaciones	164
3.2.2.4.1 Arena	165
3.2.2.4.2 Grava	166
3.2.2.4.3 Cemento.....	166
3.2.2.4.4 Agua	166
3.2.2.4.5 Hormigón.....	167
3.2.2.4.6 Ejecución de las cimentaciones	167
3.2.2.5 Armado e izado de apoyos	168
3.2.2.6 Protección de las superficies metálicas	170
3.2.2.7 Tendido, tensado y engrapado de los conductores	170
3.2.2.7.1 Colocación de aisladores	170
3.2.2.7.2 Tendido de los conductores	171
3.2.2.7.3 Tensado, regulado y engrapado de los conductores	172
3.2.2.8 Reposición del terreno	173
3.2.2.9 Numeración de apoyos. avisos de peligro eléctrico	174
3.2.2.10 Tomas de tierra	174
3.2.2.10.1 Electrodo de difusión	174
3.2.2.10.2 Anillo cerrado	175
3.2.2.10.3 Comprobación de los valores de resistencia de difusión.....	175
3.2.3 Materiales	175
3.2.3.1 Reconocimiento y admisión de materiales	175
3.2.3.2 Apoyos.....	176
3.2.3.3 Herrajes.....	176
3.2.3.4 Aisladores	176
3.2.3.5 Conductores	176

3.2.4	Recepción de obra	177
3.2.4.1	Calidad de cimentaciones	177
3.2.4.2	Tolerancias de ejecución	177
3.3	Condiciones para la obra civil y montaje de las líneas eléctricas de alta tensión con conductores aislados	178
3.3.1	Preparación y programación de la obra	178
3.3.2	Zanjas	179
3.3.2.1	Zanjas en tierra	179
3.3.2.1.1	Ejecución	179
3.3.2.1.2	Dimensiones y condiciones generales de ejecución	182
3.3.2.1.2.1	Zanja normal para media tensión.....	182
3.3.2.1.2.2	Zanja para media tensión en terreno con servicios.....	182
3.3.2.1.2.3	Zanja con más de una banda horizontal.....	183
3.3.2.2	Zanjas en roca.....	183
3.3.2.3	Zanjas anormales y especiales.....	184
3.3.2.4	Rotura de pavimentos	184
3.3.2.5	Reposición de pavimentos.....	184
3.3.3	Cruces (cables entubados)	185
3.3.3.1	Materiales	185
3.3.3.2	Dimensiones y características generales de ejecución	186
3.3.3.3	Características particulares de ejecución de cruzamiento y paralelismo con determinado tipo de instalaciones.....	187
3.3.4	Tendido de cables	189
3.3.4.1	Tendido de cables en zanja abierta	189
3.3.4.1.1	Manejo y preparación de bobinas.....	189
3.3.4.1.2	Tendido de cables	189
3.3.4.2	Tendido de cables en galería o tubulares.....	191
3.3.4.2.1	Tendido de cables en tubulares.....	191
3.3.4.2.2	Tendido de cables en galería.	192
3.3.5	Montajes	192
3.3.5.1	Empalmes	192
3.3.5.2	Botellas terminales	193
3.3.5.3	Autoválvulas y seccionador.....	193
3.3.5.4	Herrajes y conexiones.....	194
3.3.5.5	Colocación de soportes y palomillas	194
3.3.5.5.1	Soportes y palomillas para cables sobre muros de hormigón.....	194
3.3.5.5.2	Soportes y palomillas para cables sobre muros de ladrillo.....	194
3.3.6	Varios	195
3.3.7	Transporte de bobinas de cables.....	195
3.4	Condiciones técnicas para la obra civil y montaje de centros de transformación de interior prefabricados	196
3.4.1	Objeto	196
3.4.2	Obra civil	196
3.4.2.1	Emplazamiento	196
3.4.2.2	Excavación.....	197
3.4.2.3	Acondicionamiento.....	197
3.4.2.4	Edificio prefabricado de hormigón.....	198

3.4.2.5 Evacuación y extinción del aceite aislante	199
3.4.2.5 Ventilación	199
3.4.3 Instalación eléctrica	200
3.4.3.1 Aparataje A.T	200
3.4.3.2 Transformadores	202
3.4.3.3 Equipos de medida.....	202
3.4.3.4 Acometidas subterráneas	203
3.4.3.5 Alumbrado	203
3.4.3.6 Puestas a tierra	204
3.4.4 Normas de ejecución de las instalaciones.....	205
3.4.5 Pruebas reglamentarias	205
3.4.6 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	206
3.4.6.1 Prevenciones generales.....	206
3.4.6.2 Puesta en servicio	207
3.4.6.3 Separación de servicio	207
3.4.6.4 Mantenimiento.....	207
3.4.7 Certificados y documentación	208
3.4.8 Libro de órdenes	208
3.4.9 Recepción de la obra	208
CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO.....	210
4.1 Criterio de revisión de precios.....	211
4.2 Línea aérea.....	212
4.2.1 Apoyos.....	212
4.2.2 Cimentaciones	213
4.2.3 Conductores	214
4.2.4 Aisladores	214
4.2.5 Sistema de protección.....	214
4.2.6 Mano de obra	215
4.2.7 Presupuesto total línea aérea	215
4.3 Línea subterránea.....	216
4.3.1 Conductores	216
4.3.2 Mano de obra	216
4.3.3 Presupuesto total línea subterránea	217
4.4 Centro de transformación	218
4.4.1 Instalación.....	218
4.4.2 Mano de obra	218
4.4.3 Presupuesto total centro de transformación.....	219
4.5 Repercusiones totales económicas.....	219
4.6 Coste de la instalación	220
CAPÍTULO 5: PLANOS	221
1 Esquema de la instalación eléctrica	222
2 Esquema unifilar de la instalación eléctrica	223
3 Planta topográfica línea aérea.....	224
4 Perfil línea aérea	225
5 Detalles línea aérea.....	226



6	Detalles línea subterránea.....	227
7	Centro de transformación	228
ANEXO: HOJA DE CARACTERÍSTICAS		229
BIBLIOGRAFÍA.....		277
ÍNDICE DE TABLAS		279
ÍNDICE DE FIGURAS		282



RESUMEN

*En estas páginas se resume y se da la estructura del Proyecto:
Instalación Eléctrica para un sistema de regadío por goteo, de setenta mil
olivas situadas en el paraje del Toscón y Espinares.*

En primer lugar, lo que el lector se encontrará será una Memoria donde se explican los elementos constructivos utilizados así como los datos más útiles y característicos calculados con el objetivo de dotar a la Comunidad de Regantes “Pozo del Cortijuelo” de la energía necesaria para explotar su acuífero y de esta forma regar una cantidad de setenta mil olivas situadas en los parajes de el Toscón y los Espinares.

La instalación eléctrica está formada por:

- Red Aérea de Media Tensión
- Red Subterránea de Media Tensión
- Centro de Transformación de 250 kVA

En el capítulo: Cálculos justificativos, se incluyen todos los cálculos tanto eléctricos como mecánicos que hacen posible este proyecto y su justificación.

En el capítulo: Pliego de condiciones, se fijan las condiciones técnicas de los materiales, el procedimiento a seguir para la ejecución y medición de las obras e instalaciones definidas en el presente Proyecto.

En el capítulo: Planos, se planos se describe gráficamente cada parte de la Instalación Eléctrica, quedando de la siguiente manera:

- **Red Aérea de Media Tensión:** En el que se han dibujado el circuito de la línea y los postes seleccionados para esta en una escala 1:500 vertical y 1:200 horizontal. También se encuentra un plano topográfico del recorrido por el que transcurre la línea y los planos de detalle de los elementos característicos de la línea.
- **Red Subterránea de Media Tensión:** En el que reencuentra especificado las dimensiones constructivas de las zanjas, la colocación del tendido eléctrico y la dimensión de la arqueta utilizada.
- **Centro de Transformación:** En el que se especifica con todo detalle las dimensiones y características del Centro de Transformación, así como su esquema unificar.

En anexo es un resumen de las hojas de características de los elementos más importantes que se han utilizado para la redacción del presente Proyecto, donde se especifican todas las medidas, elementos constitutivos, etc., de los mismos.



CAPÍTULO 1: MEMORIA

En este documento se procede a la explicación de las características del Proyecto: Instalación Eléctrica para un sistema de regadío por goteo, de setenta mil olivas situadas en el paraje del Toscón y Espinares.

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es describir, calcular, definir y justificar, con criterio técnico y económico cada uno de los elementos que integran la instalación eléctrica para un sistema de regadío, por goteo, de setenta mil olivas. Fijando las características técnicas que deben cumplir las partes integrantes de la estructura eléctrica para su buen funcionamiento, de acuerdo con las reglamentaciones y disposiciones oficiales vigentes.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La energía será suministrada de la RED de Media Tensión trifásica a 50 Hz y 20 kV de la línea: LINEA LOMA TEJONA DE SUBESTACION CAMPILLO.

Las instalaciones que son objeto de estudio las dividiremos en los siguientes apartados:

- **RED AEREA DE M.T.**
- **RED SUBTERRANEA DE M.T.**
- **CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.**

1.3 ANTECEDENTES

En la actualidad, la agricultura está pasando una grave crisis. El sector del olivar no se escapa de dicho yugo.

Los agricultores se ven afectados por unos altos precios de productos fitosanitarios, abonos, gasoil y jornales. Su única salida es aumentar el volumen de producción y disminuir los costes fijos.

Una de las formas más sencillas y naturales de aumentar el volumen de producción es suministrar una determinada cantidad de agua, 600 l/m^2 es suficiente para el terreno en el que se desarrolla tal proyecto.

Ante esta situación un grupo de agricultores, agrupados en la Comunidad de Regantes “Pozo del Cortijuelo”, ha solicitado a la Junta de Andalucía de Medio Ambiente la explotación del pozo que ha dado nombre a la Comunidad de Regantes, con el fin de poder utilizar su agua para regar las olivas situadas en el paraje del Toscón y Espinares.

Para la explotación de tal pozo que mana una cantidad de 20 l/s a una profundidad de 20 metros y el posterior regadío, es necesaria la instalación de un grupo de bombas, filtros, válvulas y demás aparatos hidráulicos que requieren una potencia eléctrica de 250 kVA.

El actual proyecto tiene como finalidad suministrar esa energía a los sistemas de bombeo y filtrado con el fin de poder regar el número de frutales que pertenecen a la Comunidad de Regantes “Pozo del Cortijuelo”.

1.4 EMPLAZAMIENTO

La referida instalación se encuentra situada en el **Paraje “EL TOSCON”**, del Término Municipal de **Carchelejo**, Provincia de **Jaén**.

Plano de situación de la instalación eléctrica

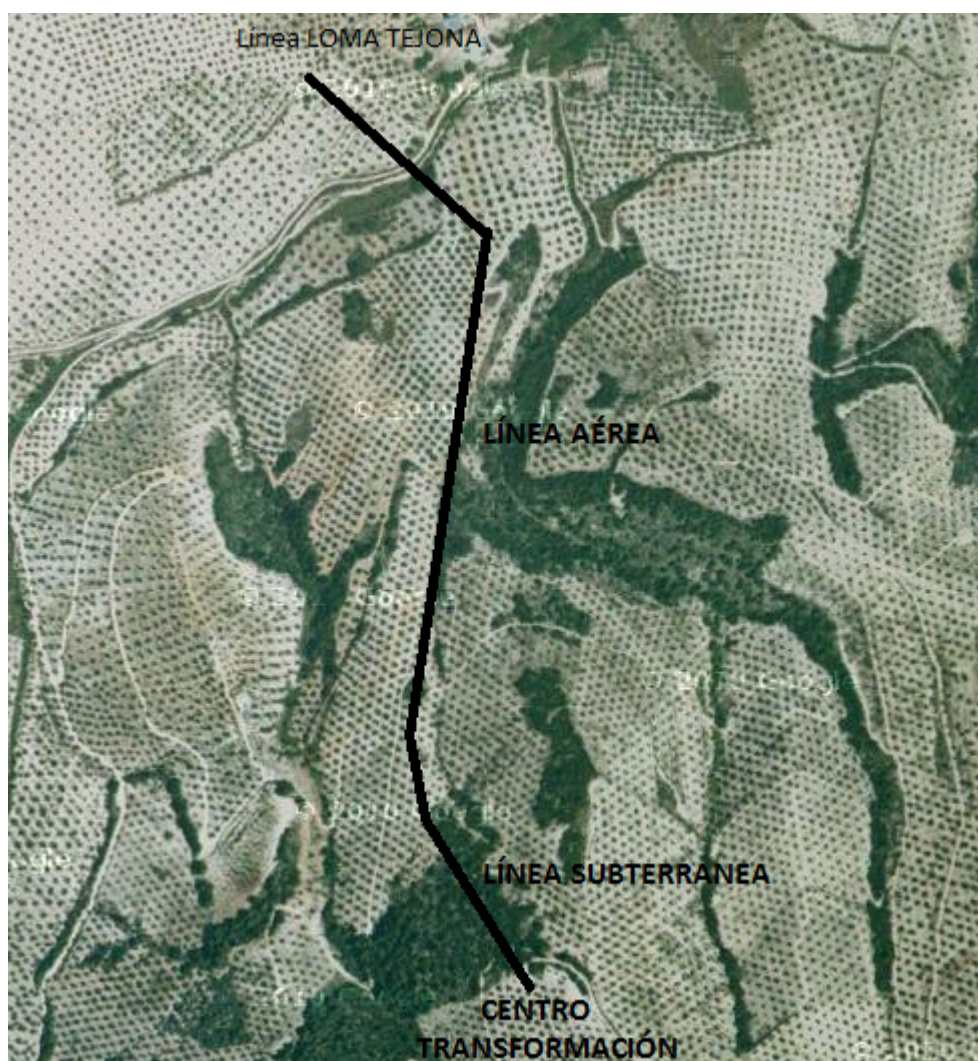


FIGURA 1: Emplazamiento del proyecto

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación eléctrica que abastece a la Comunidad de Regantes está compuesta por una serie de elementos se enumeran a continuación.

a) **Red aérea de media tensión**

La línea tiene una tensión de 20 kV. Transporta la electricidad desde la RED de Media Tensión trifásica a 50 Hz y 20 kV de la LÍNEA LOMA TEJONA DE SUBESTACION CAMPILLO hasta el comienzo de la línea subterránea.

b) **Red subterránea de media tensión**

Es la encargada de transportar la energía desde el último apoyo de la línea aérea hasta el Centro de Transformación. Esta transcurre por el camino que cruza el Bosque del Cortijuelo y que es un espacio protegido.

c) **Centro de transformación**

Es un Centro de Transformación prefabricado, de 250 kVA y tiene como fin alimentar a las bombas y a los filtros de la instalación de regadío.

1.5.1 RED AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

La línea de Alta Tensión que ha de realizarse tendrá las siguientes características generales:

Categoría:	3ª
Tensión nominal:	20 kV
Tensión máxima:	24 kV
Zona de cálculo según reglamento:	Zona B y C
Origen:	Apoyo 0. Empalme con Línea LOMA TEJONA DE SUBESTACION CAMPILLO
Final:	Apoyo 18
Longitud de la línea:	1,991 Km.
Nº de circuitos	Uno
Nº de conductores	Tres
Separación mínima entre conductores	0,79 m.
Disposición	En tresbolillo
Apoyos	Metálicos
Cadena de aisladores	3 platos SGD la Granja E-40-100
Tipo de herrajes	Aleación aluminio-acero

TABLA 1: Características de la línea aérea

Los materiales escogidos así como sus características principales están descritos en el Capítulo 1.6.1.2 “Materiales a emplear” de esta memoria.

1.5.1.2 MATERIALES A EMPLEAR

Se detallan a continuación las principales características de los materiales que se han de utilizar en la instalación que nos ocupa. La elección de estos materiales se ha realizado teniendo en cuenta tanto los cálculos mecánicos y eléctricos detallados en el Capítulo 2: “Cálculos justificativos”; con el propósito de satisfacer las necesidades desde el punto de vista técnico.

1.5.1.2.1 CONDUCTOR

Según las conclusiones obtenidas en el Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.1.1.2.2, se ha decidido elegir un cable Aluminio-Acero para la Línea Aérea de transporte que nos ocupa. Estos conductores están compuestos de varios alambres de aluminio (capas exteriores) y de alambres de acero galvanizado (alambres centrales). Los alambres van cableados en capas concéntricas.

Este tipo de conductores tiene un inconveniente con respecto a los de aluminio exclusivamente, es su mayor peso. No obstante, son mayores las ventajas ya que tienen una mayor resistencia mecánica, pudiendo disminuir con ello el número de apoyos y de aisladores al poderse aumentar la longitud de los vanos.

Teniendo en cuenta las exigencias eléctricas y mecánicas que ha de soportar el cable en esta instalación, se ha optado por emplear Cable de Aluminio-Acero **LA – 56** cuyas características son las siguientes:

Denominación	LA-56
Material	Aluminio-Acero.
Sección	54,6 mm ²
Diámetro	9,5 mm.
Número de Hilos de Aluminio	6
Número de Hilos de Acero	1
Carga de Rotura	1.666 Kg.
Peso propio kg/m	0,189
Módulo de Elasticidad	8.100 Kg/mm ²
Coef. Dilatación (°C)	1,91E-5
Resistencia Óhmica	0,6136 Ω/Km

TABLA 2: Características del conductor de la línea aérea

1.5.1.2.2 AISLAMIENTO

Los conductores de la Línea Eléctrica “Pozo del Cortijuelo” son desnudos; por lo tanto se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados en este caso de vidrio. Las cadenas de aislamiento utilizadas en esta Línea Aérea estarán formadas por aisladores de caperuza y vástago con las siguientes características.

Modelo	E-40-100
Material	Vidrio templado
Paso	100
Diámetro	175
Línea de fuga	185
Peso neto aproximado	1,65 Kg.
Unión normalizada IEC-120	11
Tensión soportada a frecuencia industrial en seco	50 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	32 kV
Tensión soportada al impulso de choque en seco	70 kV
Tensión de perforación en aceite	110 kV

TABLA 3: Características del aislador de la línea aérea

Se ha elegido este tipo de aislador ya que permite, con un factor de seguridad alto, trabajar cumpliendo con los requisitos de aislamiento, nivel de aislamiento, Carga de Rotura, tensiones de contorno y tensiones soportadas que se describen en el Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.1.1.11.3.

Las condiciones máximas de los aisladores, se producen en las cadenas de amarre, donde deberán de soportar la tensión mecánica del conductor en las condiciones de máxima sobrecarga.

Este aislador, como el resto de aisladores de vidrio, es más barato que la porcelana, pero tiene un coeficiente de dilatación muy alto, que limita su aplicación en lugares con cambios grandes de temperatura (no es el caso). Sin embargo, debido a que el coste es más reducido y a que su transparencia facilita el control visual, se suele utilizar más a menudo que el de porcelana.

Teniendo en cuenta los cálculos relacionados con el aislamiento, realizados en el Capítulo 10 del ANEXO 1 “Cálculos Eléctricos”, se adopta la solución de formar

cadenas compuestas por **3** (tres) aisladores E-40-100. Las características de cada cadena de aisladores son las siguientes:

Tipo de aislador	E-40-100
Nº de aisladores por cadena	3 elementos
Línea de fuga	555 mm.
Longitud cadena	1 m
Sobretensión a frecuencia industrial en seco	130 kV
Sobretensión a frecuencia industrial bajo lluvia	78 kV
Sobretensión a impulso tipo rayo	195 kV

TABLA 4: Características de la cadena de aisladores de la línea aérea

La elección del número y tipo de aisladores viene fijado, como se ha dicho anteriormente, por los cálculos de coordinación de aislamiento realizados y teniendo en cuenta las Normas CEI 383 y CEI 305. Las tensiones soportadas por las cadenas cumplen en todo momento con los valores impuestos por el reglamento a este respecto así como los valores críticos más desfavorables teniendo en cuenta un coeficiente de seguridad aceptable.

Las características geométricas y dimensionales del aislador E-40-100 están reflejadas en el Capítulo 5: Planos, en su plano N°5

1.5.1.2.3 HERRAJE DE CADENAS DE AISLADORES

La sujeción del aislador al poste, así como del aislador al conductor se realiza por medio de los herrajes. La elección de estos herrajes debe verse influida principalmente por los esfuerzos a soportar y deberemos asegurarnos de que tengan un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Estos cálculos vendrán reflejados en el capítulo Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.1.2.12

Los herrajes serán de acero forjado y convenientemente galvanizados en caliente para su exposición a la intemperie, de acuerdo con la Norma UNE21158. Al ser todas las cadenas de amarre, define los herrajes que deberá llevar esta:

Herrajes cadena de amarre	Carga de rotura (C.R.)	Peso
Horquilla de Bola en "V" HB-11	60 kN	0,3 Kg.
Rótula R-11	60 kN	0,3 Kg.
Grapa de amarre GA1	35 kN	0,45 Kg.

TABLA 5: Características de herrajes de la cadena de aisladores

Como se puede observar la carga de rotura de las grapas, tiene un valor de 35 KN. Este valor supera el 90% del valor de la carga de rotura del conductor, es decir 1,632 kN.

Las dimensiones, croquis y características básicas de los herrajes se describen en Capítulo 5: Planos, el su plano N° 5

1.5.1.2.4 APOYOS METÁLICOS

Los apoyos utilizados para este proyecto son de la marca IMDEXSA de la serie C. Son metálicos, de celosía de acero galvanizado en caliente, con cimentación monobloque.

Las torres de esta serie han sido diseñadas en cumplimiento a las especificaciones indicadas en la NORMA UNE 207017, habiendo pasado con éxito todos los ensayos prescritos en la norma.

Las torres usadas son: C-500, C-1000, C-2000.

Los apoyos están formados por:

- Cabeza: prismática de sección cuadrada. Taladrada para adosar las crucetas en diferentes combinaciones.
- Fuste: Tronco piramidal, de sección cuadrada, formado por distintos tramos según la altura a conseguir. Cada tramo, se compone de cuatro montantes de longitud en torno a los 4 m unidos por celosía sencilla atornillada.
- Armados: se realizan a partir de semicrucetas atornilladas de diferente longitud, lo que permite una amplia variedad de combinaciones.

La elección de cada tipo de apoyo se ha realizado de acuerdo a cumplir con los requerimientos mecánicos y todas las distancias y coeficientes de seguridad exigidos.

Resistencia total de los apoyos.

Los esfuerzos totales de los apoyos son los descritos en la siguiente tabla teniendo en cuenta los debidos coeficientes de seguridad.

Tipo	C-500	C-1000	C-2000
Esfuerzo útil (C.S. =1,5)	510	1020	2039
Hielo (C.S.=1,5)	719	1179	2270
Desequilibrio (C.S.=1,2)	903	1482	2831
Torsión (C.S.=1,2)	510	714	1427
Esfuerzo Vertical	612	612	612

TABLA 6: Esfuerzos totales de los apoyos

- Esfuerzo útil (C.S.=1,5): Esfuerzo horizontal disponible en el extremo superior de la cabeza con coeficiente de seguridad 1,5 y aplicado simultáneamente con viento sobre la torre de 120 km/h y cargas verticales según tabla arriba.
- Hielo (C.S.=1,5): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Desequilibrio (C.S.=1,2): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Torsión (C.S.=1,2): Esfuerzo horizontal disponible aplicado en el extremo de una cruceta de 1,5 m de longitud situada en punta de cabeza con coeficiente de seguridad 1,2 simultáneo con las verticales según tabla arriba.

Tipo de armado

El tipo de armado es S, que nos posibilita la configuración tresbolillo. Se elige este tipo para cumplir tanto con las restricciones mecánicas como con las distancias de seguridad.

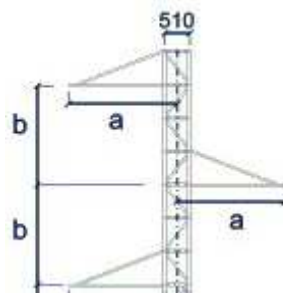


FIGURA 2: Esquema tipo de armado S

TIPO	DIMENSIONES		
	a	b	c
S2220	1,8	1,25	1,25
S2330	1,8	1,5	1,5
S2110	1,8	1	1
S1110	1,2	1	1
S1220	1,2	1,25	1,25

TABLA 7: Dimensiones del tipo de armado S

Resumen de los apoyos utilizados

Los apoyos que se utilizarán en la presente línea serán los que se indican a continuación:

Apoyo nº	Vano	Tipo	Tipo de apoyo	Altura útil (m)
1		Inicio de línea	S2220	16
	315,63			
2		Ángulo-Amarre	S2330	18
	121,46			
3		Ángulo-Amarre	S2110	20
	93,91			
4		Ángulo-Amarre	S1110	16
	99,48			
5		Ángulo-Amarre	S1110	18
	68,14			
6		Ángulo-Amarre	S1110	18
	62,9			
7		Ángulo-Amarre	S1110	20
	112,12			
8		Ángulo-Amarre	S2110	20
	94,7			
9		Ángulo-Amarre	S1110	18
	77,63			
10		Ángulo-Amarre	S1110	20
	185,98			
11		Ángulo-Amarre	S1110	20
	78,21			
12		Ángulo-Amarre	S1110	20
	111,55			
13		Ángulo-Amarre	S2110	20
	94,29			

Apoyo nº	Vano	Tipo	Tipo de apoyo	Altura útil (m)
14		Alineación-Anclaje	S2110	20
	181,06			
15		Ángulo-Amarre	S1220	20
	106,94			
16		Alineación-Anclaje	S1110	22
	106,38			
17		Ángulo-Amarre	S1110	20
	91,9			
18		Fin de línea	S1110	18

TABLA 8: Tabla de apoyos utilizados

Cimentaciones

Para los tipos de apoyos a utilizar en nuestro proyecto las cimentaciones deberán ser cimentaciones monobloque.

Para este tipo de cimentaciones se considerará el caso más desfavorable que pueda presentar nuestro terreno, basándonos en las recomendaciones de la tabla 10 del punto 3.6.5 del R.L.A.T.

El terreno por el que transcurre la línea aérea posee un sustrato arcilloso semiduro, que presenta las siguientes características:

Carga admisible del terreno	2 daN/cm ²
Coefficiente de compresibilidad	8 N/ cm ³
Ángulo del talud natural	20°
Peso específico aparente del terreno	1,80 Tn/ m ³

TABLA 9: Tabla 10 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones

Para elegir la cimentación adecuada, nos remitiremos a la tabla facilitada por el fabricante de los apoyos, que ha sido calculada por medio de la ecuación de Sluzberg y gracias a la cual se obtienen las dimensiones que deben tener las cimentaciones para asegurar un factor de seguridad por encima de 1,5 según el punto 3.6.1 del R.L.A.T.

Las dimensiones y características de la cimentación monobloque será la siguiente:

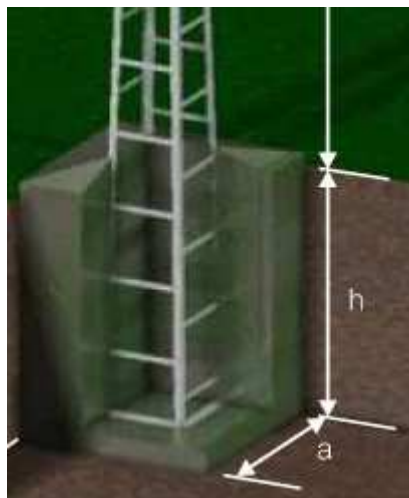


FIGURA 3: Esquema de la excavación para la colocación del apoyo

Número apoyo	Modelo	Dimensiones		Vol.Excav. m ³
		a	h	
1	C-2000-16	1,13	2,26	2,89
2	C-2000-18	1,22	2,29	3,41
3	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
4	C-2000-16	1,13	2,26	2,89
5	C-1000-18	1,15	1,98	2,62
6	C-1000-18	1,15	1,98	2,62
7	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
8	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
9	C-2000-18	1,22	2,29	3,41
10	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
11	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
12	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
13	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
14	C-500-20	1,22	1,74	2,59
15	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
16	C-1000-22	1,31	2,03	3,48
17	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
18	C-2000-18	1,22	2,29	3,41

TABLA 10: Dimensiones de la excavación monobloque

1.5.1.3 PUESTA A TIERRA

Los apoyos dispondrán de puestas a tierra formadas por un conductor de cobre de 50 mm² de sección, uniendo el apoyo con dos picas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud separadas 3 metros y a una profundidad de 0,5 metros.

Dicho conductor de unión pasará a través de la cimentación del poste, ya que de este modo se encontrará más protegido.

En ningún caso, la resistencia de puesta a tierra será superior a 20 Ω como dicta el RLAT en su artículo 7.

La puesta a tierra será idéntica en todos los apoyos.

Utilizaremos picas de cobre de 2 m de longitud y 14mm² de diámetro.

1.5.1.4 SECCIONADOR UNIPOLAR

En el apoyo de principio de línea se dispondrá un seccionador tipo exterior, para una tensión de servicio de 24 kV. Colocados en posición vertical.

El seccionador INAEL SU 1.110 usado en este proyecto cumple con las normas: UNE-EN 60129, CEI 62271-102 y tiene las siguientes características:

Tensión de servicio	24 kV
Línea de fuga	625 mm
Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra	125 kV cresta
Tensión soportada a impulso tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento	145 kV cresta
Tensión soportadas a frecuencia industrial a tierra	50 kV
Tensión soportadas a frecuencia industrial sobre la distancia de seccionamiento	60 kV
Carga de rotura	3000 N
Peso	18 Kg.

TABLA 11: Características seccionador unipolar

1.5.1.5 SECCIONADOR TRIPOLAR

En el poste de fin de línea se dispondrá un seccionador tripolar tipo exterior, para una tensión de servicio de 24 kV y una intensidad nominal de 100 A.

La parte en tensión del seccionador estará montada sobre tres juegos de aisladores destinados cada uno de ellos a servir respectivamente:

- a) De entrada (fijos)
- b) Establecer e interrumpir el contacto eléctrico (basculante)
- c) Proporcionar salidas (fijos)

El seccionador INAEL 3900 CR usado en este proyecto cumple con las normas: UNE-EN 60129, CEI 62271-102 y tiene las siguientes características:

Tensión de servicio	24 kV
Intensidad de servicio	100 A
Línea de fuga	625 mm
Tensión soportada a impulso tipo rayo a tierra	125 kV cresta
Tensión soportada a impulso tipo rayo sobre la distancia de seccionamiento	145 kV cresta
Tensión soportadas a frecuencia industrial a tierra	50 kV
Tensión soportadas a frecuencia industrial sobre la distancia de seccionamiento	60 kV
Carga de rotura	3000 N
Peso	18 Kg.
Tensión de servicio	24 kV
Intensidad nominal	630 A
Línea de fuga	565 mm
Sobreintensidad admisible amplitud máxima	35 kA
Sobreintensidad admisible durante 1 seg. a 50 Hz	20 kA ef
Peso	58 Kg.

TABLA 12: Características seccionador tripolar

Los seccionadores son de doble cuchilla con un mando por estribo de modo que el funcionamiento de los tres polos sea simultáneo. El mando estará previsto de un taladro de 15 mm de diámetro que nos permite su enclavamiento mediante una pértiga que estará situada a una altura de seguridad del suelo.

1.5.1.6 CORTACIRCUITOS FUSIBLES

Irán colocados en el apoyo número dos de la Línea Aérea.

Su misión será proteger el centro de transformación de posibles incidencias que se puedan producir en la instalación de la Línea Aérea.

El modelo seleccionado es el INAEL A-1200 con las siguientes características:

Tensión de servicio	24 kV
Línea de fuga	480 mm
Peso	13,8 Kg.

TABLA 13: Características cortacircuitos fusible

1.5.1.7 PROTECCIÓN AUTOVÁLVULAR

Los pararrayos tienen la función de proteger la instalación eléctrica (transformadores del Centro de Transformación, conductores, elementos de medida,...), contra sobretensiones, ya sean de origen interno o externo.

De no ser por las autoválvulas, en caso de descarga atmosférica o sobretensión por maniobra, la corriente recorrería la línea o entraría en el Centro de Transformación produciendo las consiguientes averías.

La norma UNE 21087 establece los siguientes valores de ensayo que determinan las características de funcionamiento de pararrayos normalizados a utilizar en redes de distribución.

Tensión nominal (Unp en kV)	Tensión máxima cebado - 1,2/50µs (Uceb en kV cresta) Inp = 5KA y 10 KA	Tensión residual máxima - 8/20µs (Ures en kV cresta) Inp = 5KA y 10 KA	Tensión máxima Cebado - Frente de Onda (Uceb2 en kV cresta) Inp = 5KA y 10 KA	Tensión mínima Cebado a 50 Hz. (Uceb50 en kV)
24	87	87	100	36

TABLA 14: Norma UNE 21087

Siendo I_{np} la corriente de descarga nominal.

En general, los pararrayos de 5 kA y 10 kA, de servicio no intensivo, son adecuados para la protección de elementos en zonas de M.T. Los pararrayos de 10 kA se suelen instalar en zonas donde el número de días al año en los que se producen tormentas sea normal o elevado.

La tensión nominal del pararrayos debe ser superior a la tensión más elevada entre fase y tierra a 50 Hz, que pueda aparecer en la red. De esta forma se asegura la extinción de la corriente, a la frecuencia de servicio, subsiguiente a la de la descarga.

El modelo de pararrayos autoválvulas escogido es el INZP-10 de INAEL que se caracteriza por una envolvente polimérica ligera que elimina el problema de los desperfectos de la porcelana que se pueden producir debido a brusquedades en el manejo o transportes, a parte el fallo en cortocircuito de este tipo de modelo es menos severo que el de un modelo con envolvente de porcelana.

Tensión de servicio	24 kV
Tensión de funcionamiento continuo	19,5 kV
Tensión residual máxima al frente de la onda	84,8 kV cresta

TABLA 15: Características pararrayos autoválvulas

1.5.1.8 PLACA DE PELIGRO DE MUERTE

Serán circulares embutidas y esmaltadas a fuego con inscripción reglamentaria.

Se colocarán sobre cada apoyo de forma que sean bien visibles.

1.5.2 RED SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN

1.5.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

La línea de Alta Tensión subterránea que ha de realizarse tendrá las siguientes características generales:

Longitud del tramo	400 metros
Tipo de canalización	Enterrada
Conductor	HEPRZ1 150 mm ² Al
Nº de conductores por fase	1
Fases	3
Tensión de Servicio	20 kV

TABLA 16: Características línea subterránea

1.5.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO

Teniendo en cuenta las exigencias eléctricas y mecánicas que ha de soportar el cable en esta instalación, se ha optado por emplear un cable cuyas características son las siguientes:

Nº de Conductores por fase	1
Sección	1x150 mm ²
Naturaleza del Conductor	Aluminio
Espesor radial de aislamiento	5,8 mm.
Diámetro exterior aproximado	33,2 mm.
Peso	1.594 Kg/Km.
Radio Mínimo de curvatura	535 mm.
Resistencia Óhmica a 20°C	0,206 Ohm/m
Tipo de aislamiento	Etileno-Propileno
Construcción de la Pantalla Según Onse	Según Onse 50.53-21

TABLA 17: Características conductor de línea subterránea

1.5.2.3 ZANJAS

Las zanjás se harán verticales hasta la profundidad indicada en los planos, colocándose entibaciones en los casos que sean necesarios.

Se colocará cinta señalizadora de aviso de peligro en todo el recorrido, y las dimensiones mínimas serán de 60 cm. de ancho por 1,20 de profundidad, de manera que los conductores se instalen a una profundidad mínima de 1,00 metro.

Se hace en el presente Proyecto la definición y características constructivas de las zanjás, en documentación anexa al proyecto, PLANOS.

1.5.2.4 CANALIZACIONES

La línea subterránea en todo su recorrido discurre por terrenos de uso protegido.

Se dispondrá en el fondo de la zanja de un lecho de arena fina de 10 cm. de espesor, sobre la que irán tendidos los tubos de PVC.

El conductor se instalará en el interior de estos tubos de PVC de superficie interna lisa y su diámetro interior no será inferior a 1,6 veces el diámetro del haz de cables. Se colocará tubo de 160 mm. de diámetro.

Se cuidará de tender una cinta señalizadora en el interior de la zanja, de material plástico y con la inscripción de “Peligro de muerte” ó “Cables eléctricos”

A mitad del recorrido de la canalización se colocará una arqueta para facilitar la instalación del tendido de cable y el empalme de este. No se realizarán curvas de menos de 90° si fuese necesario realizarlas y éstas se harán siempre en el interior de las arquetas en las que el conductor deberá ser tapado con arena.

1.5.2.5 PUESTA A TIERRA

Todas las pantallas de los conductores deberán ser puestas a tierra y en cortocircuito en las puntas extremas del recorrido de los cables.

1.5.2.6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

De acuerdo con las indicaciones de la Compañía Suministradora, e independientemente de las protecciones específicas de los Transformadores que serán descritos en el apartado correspondiente, tanto en la llegada como en la salida de la línea subterránea de Media Tensión al centro de Transformación, se instalarán interruptores de corte en carga situados en la Celda adecuada del tipo CGM-24 de ORMAZABAL cuyas características técnicas Capítulo 1: Memoria en su punto 1.6.3.2.2.2

1.5.2.7 TERMINALES

Se hará un empalme a mitad del recorrido, usando para ello la arqueta colocada en dicho lugar. El tendido del cable se realizará sin deteriorar el aislamiento y respetando el radio mínimo de curvatura

1.5.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.5.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación objeto del presente proyecto será prefabricado, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-20.099.

La acometida al mismo será subterránea, se alimentará en bucle de la red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora ENDESA DISTRIBUCIÓN S.L.U.

1.5.3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIÓN

1.5.3.2.1 OBRA CIVIL

El CT, consta de un único módulo en el que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

El módulo del centro de transformación es el PFU-4 de la compañía ORMAZABAL.

- Descripción

Los Centros de Transformación PFU, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envoltente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

La principal ventaja que presentan estos Centros de Transformación es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial, agroforestal y entornos urbanos.

- Envolverte

La envolverte de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo. Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 Kg./cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolverte.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

- Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

- Accesos

En la pared frontal se sitúa la puerta de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento evitando aperturas intempestivas. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

- Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

- Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

- Calidad

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad UNESA de acuerdo a la RU 1303A.

- Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

- Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

- Cimentación

Para la ubicación de los Centros de Transformación PFU es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

- Características detalladas

Nº de transformadores:	1
Nº reserva de celdas:	1
Tipo de ventilación:	Doble
Puertas de acceso peatón:	1 puerta de acceso
Dimensiones exteriores	
Longitud:	4480 mm
Fondo:	2380 mm
Altura:	3045 mm
Altura vista:	2585 mm
Peso:	12000 Kg.
Dimensiones interiores	
Longitud:	4280 mm
Fondo:	2200 mm
Altura:	2355 mm
Dimensiones de la excavación	
Longitud:	5260 mm
Fondo:	3180 mm
Profundidad:	560 mm

TABLA 18: Características Centro de Transformación

1.5.3.2.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.5.3.2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.

La línea de la cual se alimenta el Centro de Transformación es de tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según el RAT, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA.

1.5.3.2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN.

- Celdas *CGM modelo CMP-V-24*

Las celdas CGM forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Las partes que componen estas celdas son:

a) Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base. La altura y diseño de esta base permite el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y facilita la conexión de los cables frontales de acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mando. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

b) Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado, los portafusibles y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

c) Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

d) Mando

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

e) Fusibles (Celda CMP-F)

En las celdas CMP-F, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

f) Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

g) Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

h) Características

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400
Intensidad de corta duración (3 s) (kA)	16
Capacidad de cierre (kA) <small>CRESTA</small>	40
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a tierra y entre fases (kV)	50
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a la distancia de seccionamiento (kV)	60
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kA) <small>CRESTA</small>	125
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento (kA) <small>CRESTA</small>	145

TABLA 19: Características celda CGM

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

- Entrada / Salida: **CGM-CML Interruptor-seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL modelo CML-24, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CML de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Características eléctricas	
Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400
Intensidad de corta duración (3 s) (kA)	16
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a tierra y entre fases (kV)	50
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a la distancia de seccionamiento (kV)	60
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kA) CRESTA	125
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento (kA) CRESTA	145
Capacidad de cierre (kA) CRESTA	40
Capacidad de corte corriente principalmente activa (A)	400
Capacidad de corte corriente principalmente capacitiva (A)	31,5
Capacidad de corte corriente principalmente inductiva (A)	16
Capacidad de corte falta a tierra I_{CE} (A)	63
Capacidad de corte falta a tierra $\sqrt{3} I_{CL}$ (A)	31,5
Características físicas	
Ancho (mm)	370
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	850
Peso (Kg.)	135

TABLA 20: Características celda CGM-CML Interruptor-seccionador

- Protección General: *CGM-CMP-V Interruptor automático de vacío*

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CMP-V-24 de interruptor automático de vacío está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Características eléctricas	
Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400
Intensidad de corta duración (3 s) (kA)	16
Capacidad de cierre (kA) ^{CRESTA}	40
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a tierra y entre fases (kV)	50
Nivel de aislamiento: frecuencia industrial (1min) a la distancia de seccionamiento (kV)	60
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kA) ^{CRESTA}	125
Nivel de aislamiento: impulso tipo rayo a la distancia de seccionamiento (kA) ^{CRESTA}	145
Características físicas	
Ancho (mm)	480
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	850
Peso (Kg.)	218
Otras características constructivas	
Mando interruptor automático:	manual RAV
Relé de protección:	RPGM

TABLA 21: Características celda CGM-CMP-V Interruptor automático de vacío

- Medida: **CGM-CMM Medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda CMM-24 de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

Características eléctricas	
Tensión asignada (kV)	24
Características físicas	
Ancho (mm)	800
Alto (mm)	1800
Fondo (mm)	1025
Peso (Kg.)	180

TABLA 22: Características celda CGM-CMM Medida

Estos módulos de medida estarán constituidos por tres transformadores de tensión y tres transformadores de intensidad de aislamiento son construidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

Transformadores de tensión	
Relación de transformación:	$22000\sqrt{3} / 110\sqrt{3} \text{ V}$
Sobretensión admisible	1,2 Un en permanencia
	1,9 Un durante 8 horas
Potencia	50 VA
Clase de precisión	0,5

TABLA 23: Características transformador de medida: TENSIÓN

Transformadores de intensidad	
Relación de transformación	10 - 20/5 A
Intensidad térmica	80 In (mín. 5 kA)
Sobreintensidad admisible en permanencia	$F_s \leq 5$
Potencia	15 VA
Clase de precisión	0,5 s

TABLA 24: Características transformador de medida: INTENSIDAD

- **Transformador de potencia**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, de una potencia de 800 kVA, con una tensión entre fases de entrada de 20 kV y la tensión a la salida de 420 V entre fases y 242 V entre fase y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y una refrigeración natural de aceite (ONAN) de marca Alkargo.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción por humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes

Potencia nominal	800 kVA
Tensión nominal primaria	20.000 V
Regulación en el primario	+/- 2,5%, +/-5%, + 7,5%
Tensión nominal secundaria en vacío	420 V
Tensión de cortocircuito (Ecc)	4%
Grupo de conexión	Dyn11
Protección incorporada al transformador:	Sin protección propia

TABLA 25: Características transformador: POTENCIA

(*) Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21428 (96) (HD 428.1 S1)

1.5.3.2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN

Las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación irán protegidas con Cuadros Modulares de Distribución en Baja Tensión de la marca Merlin Gerin o similares de características según se definen en la Recomendación UNESA 6302B.

Dichos cuadros deberán estar homologados por la Compañía Eléctrica suministradora y sus elementos principales se describen a continuación:

- Unidad funcional de embarrado: constituida por dos tipos de barras: barras verticales de llegada, que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los conductores procedentes del transformador y el embarrado horizontal. Las barras horizontales o repartidoras que tendrán como misión el paso de la energía procedente de las barras verticales para ser distribuida en las diferentes salidas. La intensidad nominal de cada una de las salidas será de 400 Amperios.
- Unidad funcional de seccionamiento: constituida por cuatro conexiones de pletinas deslizantes que podrán ser maniobradas fácil e independientemente con una sola herramienta aislada.
- Unidad funcional de protección: constituida por un sistema de protección formado por bases tripolares verticales con cortacircuitos fusibles.
- Unidad funcional de control: estará situada en la parte superior del módulo de acometida y los aparatos que contenga así como su disposición deberán ser los homologados por la Compañía Eléctrica.

1.5.3.2.2.4 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VARIO DE AT Y BT

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

Es el siguiente:

Interconexiones de Alta Tensión:

Cables MT 18/30 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al.

La terminación al transformador es ELASTIMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

En el otro extremo, en la celda, es ELASTIMOLD de 24 kV del tipo cono difusor y modelo OTK.

Interconexiones de Baja Tensión:

Puentes B.T. 400 V – transformador

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x40 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 1xneutro.

Defensa de transformador

Rejilla metálica para defensa de transformador.

Equipos de iluminación

En el interior del Centro de Transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también de un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalizará los accesos al centro de transformación.

1.5.3.2.3 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El conjunto consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos.

1.5.3.2.4 PUESTA A TIERRA

1.5.3.2.4.1 TIERRA DE PROTECCIÓN.

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales, de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación, se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de Baja Tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si este es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del Centro, si son accesibles desde el exterior.

Los cálculos pertinentes se encuentran en el Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.3.8.3.1

1.5.3.2.4.2 TIERRA DE SERVICIO

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en Baja Tensión, debido a faltas en la red de Alta Tensión, el neutro del sistema de Baja Tensión se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de Alta Tensión, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado (0,6/1 kV).

Los cálculos pertinentes se encuentran en el punto Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.3.8.3.2

1.5.3.2.5 RELÉS DE PROTECCIÓN, AUTOMATISMO Y CONTROL.

Sistema Autónomo de Protección: *RPGM*

El RPGM es un sistema autónomo de protección desarrollado específicamente para su utilización en la celda CGM de interruptor automático CMP-V.

- Características de protección

- Protección contra sobrecargas de fase, mediante familias de curvas CEI 60255-X-X y UNE-EN 60255-X-X normalmente inversa, muy inversa, extremadamente inversa o a tiempo definido.
- Protección contra cortocircuitos entre fases, mediante familia de curvas a tiempo definido (instantáneo).
- Protección contra sobrecargas homopolares o fugas a tierra, mediante familias de curvas CEI 60255-X-X y UNE-EN 60255-X-X normalmente inversa, muy inversa, extremadamente inversa, o a tiempo definido.
- Protección contra cortocircuitos fase-tierra, mediante familia de curvas a tiempo definido (instantáneo).
- Protección contra sobrecalentamientos o inundaciones mediante entrada de disparo para contacto libre de tensión.

En todos los casos de protección con curvas, se dispone de 16 curvas por familia.

- Elementos del sistema

- Un relé electrónico con microprocesador, que incorpora en su parte frontal los diales de tarado, y un conjunto de microswitches para la selección o inhabilitación de estas protecciones. También incluye en su parte frontal los leds de indicación de disparo y estado del relé.
- 3 captadores toroidales, que se sitúan rodeando los cables del sistema trifásico de MT, que además de dar la indicación de la corriente que circula, alimentan al relé electrónico.
- Un disparador electromecánico de bajo consumo, que al recibir la señal del relé electrónico, provoca la apertura del interruptor automático.

- Alimentación

El RPGM es un sistema autoalimentado a partir de una corriente de fase de 5 A, no necesitando por lo tanto de alimentación auxiliar. Si se desea que el rango de protección se extienda por debajo de esta intensidad, se dispone de una entrada para alimentación externa a 230 Vca.

- Otras características

Intensidad térmica de cortocircuito (Ith)	20 kA/50 kA
Intensidad dinámica nominal (Idin)	50 kA
Temperaturas	-10 a 60 °C
Frec. nom.	50 Hz \pm 10%

TABLA 26: Otras características Sistema Autónomo de Protección: *RPGM*

1.5.3.2.6 INSTALACIONES SECUNDARIAS.

1.5.3.2.6.1 ALUMBRADO

El interruptor se situará al lado de la puerta de entrada, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la Alta Tensión.

El interruptor, accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del Centro.

1.5.3.2.6.2 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

De acuerdo con la instrucción RAT, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B, ya que el volumen de aceite del transformador es inferior a 600 litros.

1.5.3.2.6.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD.

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1.- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si estas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe interesar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2.- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en Sf_6 , y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma de pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3.- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4.- Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar las operaciones, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5.- El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de Media y Baja Tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

1.5.3.2.7 VENTILACIÓN.

La ventilación de los Centros de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo según se relaciona.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.



Como la potencia del transformador es de 800 kVA requiere una superficie mínima de reja de ventilación de $0,74 \text{ m}^2$.

Los cálculos pertinentes se encuentran en el punto Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.3.6



CAPÍTULO 2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este documento se justifican todos los datos y cálculos que se ofrecieron en la Memoria.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA AÉREA

Una vez expuesta las razones de dicho proyecto, vamos a describir la línea.

Se trata de una línea de alta tensión, trifásica, con una frecuencia de 50 Hz y una tensión de servicio de 20 Kv, la cual dará servicio eléctrico a un Centro de Transformación prefabricado de 250 Kva.

Tendrá una longitud total de 1.991 metros. Discurrirá en todo su trazado por terreno de labor y pasará por dos zonas; Zona B cuando transcurre por una altitud entre los 500 y los 1000 metros sobre el nivel del mar y por zona C cuando transcurre por una altitud superior a los 1000 metros.

Dispondrá de 17 vanos, entre el apoyo del entronque y el apoyo correspondiente al Centro de Transformación, con las siguientes longitudes y desniveles:

Vano	Conductor	Zona	Longitud	Desnivel parcial
1-2	LA-56	B	316	-12,31
2-3	LA-56	B	121	42,95
3-4	LA-56	B	94	12,97
4-5	LA-56	B	99	21,17
5-6	LA-56	B	68	22,13
6-7	LA-56	B	63	15,59
7-8	LA-56	B	111	45,92
8-9	LA-56	B	95	23,39
9-10	LA-56	B	78	19,81
10-11	LA-56	B	186	-20,57
11-12	LA-56	C	78	44,89
12-13	LA-56	C	112	21,57
13-14	LA-56	C	94	1,64
14-15	LA-56	C	181	-13,93
15-16	LA-56	C	107	-19,78
16-17	LA-56	B	106	-38,46
17-18	LA-56	B	82	-45,60

TABLA 27: Descripción de la línea aérea

La longitud del puente flojo desde el apoyo de entronque de la compañía suministradora con la del apoyo principio de línea, de esta línea en estudio, será del orden de 25 m.

2.1.1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE LA LÍNEA

2.1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA

Los datos generales de partida de la línea aérea trifásica, de 20 kV de tensión, son los siguientes:

Tensión (kV)	20
Tensión más elevada (kV)	24
Corriente alterna de frecuencia	50 Hz
Longitud de la línea (km)	1,991
Número de circuitos	1
Disposición	Tresbolillo
Zona de trabajo	B y C
Frecuencia	50 Hz

TABLA 28: Características de la línea aérea

La elección tanto del tipo de conductor, como de los aisladores, armados, etc, vendrá justificada en función de obtener resultados técnicos y económicos aceptables pero siempre teniendo en cuenta la búsqueda de aquella solución que nos permita conseguir el menor porcentaje de pérdidas tanto en potencia como en tensión.

2.1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

El conductor que hemos elegido para el transporte de energía, según las características de la línea descritas anteriormente, se define como LA-56 y tiene las siguientes características mecánicas y eléctricas

2.1.1.2.1 DATOS GENERALES DEL CONDUCTOR

Las características del conductor empleado en la instalación de la línea aérea son:

Denominación	LA-56
Material	Aluminio-Acero.
Sección	54,6 mm ² .
Diámetro	9,5 mm.
Número de Hilos de Aluminio	6
Número de Hilos de Acero	1
Carga de Rotura	1.666 kg.
Peso propio kg/m	0,189
Módulo de Elasticidad	8.100 Kg/mm ² .
Coef. Dilatación (°C)	1,91E-5
Resistencia Óhmica	0,6136 Ω/Km

TABLA 29: Características eléctricas del conductor de la línea aérea

2.1.1.2.2 DETERMINACIÓN DEL MATERIAL DEL CONDUCTOR

Como se ha comentado anteriormente, hemos escogido un conductor LA-56; se trata de un conductor de acero-aluminio.

Se va a comparar esta composición frente al hilo de cobre. Para ello se realizarán una serie de comparaciones entre el cobre y el aluminio, para determinar las ventajas e inconvenientes del cable Al-Ac.

a) Comparación de secciones a igualdad de resistencias y longitudes.

Comparando dos líneas, una de cobre y otra de aluminio con las mismas longitudes y resistencias eléctricas, obtenemos que la sección de aluminio es 1,6 veces mayor que la sección de cobre. Por lo tanto, usar aluminio es un **INCONVENIENTE** en este caso de estudio.

Demostración:

R_{Cu} , R_{Al} : Resistencia de cobre y aluminio

ρ_{Cu} , ρ_{Al} : Resistividad de cobre y aluminio

δ_{Cu} , δ_{Al} : Densidad de cobre y aluminio

L_{Cu} , L_{Al} : Longitud de las líneas en cobre y aluminio

S_{Cu} , S_{Al} : Sección conductores cobre y aluminio

σ_{Cu} , σ_{Al} : Carga de rotura de cobre y aluminio

$$R_{Cu} = \rho_{Cu} \cdot \frac{L_{Cu}}{S_{Cu}} \quad ; \quad R_{Al} = \rho_{Al} \cdot \frac{L_{Al}}{S_{Al}}$$

Como $R_{Cu} = R_{Al}$ y $L_{Cu} = L_{Al} = L$, entonces:

$$\rho_{Cu} \cdot \frac{L}{S_{Cu}} = \rho_{Al} \cdot \frac{L}{S_{Al}}$$

Despejando obtenemos que:

$$S_{Al} = S_{Cu} \cdot \frac{\rho_{Al}}{\rho_{Cu}} = S_{Cu} \cdot \frac{0,03 \Omega mm^2 / m}{0,018 \Omega mm^2 / m} = 1,6 S_{Cu}$$

b) Comparación entre los pesos a igualdad de resistencia y longitudes

Comparando dos líneas, una de cobre y otra de aluminio con las mismas longitudes y resistencias eléctricas, obtenemos que el peso del aluminio es aproximadamente la mitad que el peso del cobre. Por lo tanto, usar aluminio es una VENTAJA en este caso de estudio.

Demostración:

$$P_{Cu} = S_{Cu} \cdot L \cdot \delta_{Cu} \quad ; \quad P_{Al} = S_{Al} \cdot L \cdot \delta_{Al}$$

$$\frac{P_{Al}}{P_{Cu}} = \frac{S_{Al} \cdot \delta_{Al}}{S_{Cu} \cdot \delta_{Cu}} = 1,6 \frac{2,7}{8,8} = 0,491$$

c) Comparación entre las tensiones mecánicas a igualdad de resistencias y longitudes

Estudiando la tensión máxima a tracción que puede soportar un cable de cobre y otro de aluminio a igualdad de resistencia eléctrica y longitud, obtenemos que la tensión máxima a tracción es parecida en los dos tipos de cable.

Demostración:

$$T_{Cu} = S_{Cu} \cdot \sigma_{Cu} \quad T_{Al} = S_{Al} \cdot \sigma_{Al}$$

Dividiendo ambas expresiones obtenemos que:

$$\frac{T_{Cu}}{T_{Al}} = \frac{S_{Cu} \cdot \sigma_{Cu}}{S_{Al} \cdot \sigma_{Al}} = \frac{1}{1,6} \cdot \frac{25 \text{ kg/mm}^2}{15 \text{ kg/mm}^2} = 1,04$$

$$T_{Cu} \approx T_{Al}$$

d) Comparación entre los costes a igualdad de resistencia y longitud

Estudiando los costes de una línea de cobre y otra de aluminio para la misma longitud y resistencia eléctrica, obtenemos que el coste de aluminio es un cuarto del coste del cobre. Usar aluminio es más barato que usar cobre.

Demostración:

C_{Cu} , C_{Al} : Coste de Cu y Al

p_{Cu} , p_{Al} : Precio unitario de Cu y Al

P_{Cu} , P_{Al} : Peso de Cu y Al

$$C_{Cu} = P_{Cu} \cdot p_{Cu} \quad ; \quad C_{Al} = P_{Al} \cdot p_{Al}$$

Dividiendo ambas expresiones entre sí se obtiene:

$$\frac{C_{Al}}{C_{Cu}} = \frac{P_{Al} \cdot p_{Al}}{P_{Cu} \cdot p_{Cu}} \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{2,4 \text{ Euros} / \text{kg}}{4,9 \text{ Euros} / \text{kg}} \approx 0,24$$

Por lo tanto, y teniendo en cuenta las comparaciones anteriores, podemos asegurar que el material más idóneo como conductor para una línea de alta tensión como la nuestra, es el aluminio debido a que:

- 1) Es un material más ligero que el cobre.
- 2) Soporta una tensión de tracción similar a la del cobre, aún así, esta tensión no nos permite disponer de vanos de larga longitud (debido a su carga de rotura), por ello se usa un cable de Al-Ac, donde el aluminio aporta las características eléctricas mientras que el acero tiene la función de soportar el peso del cable.
- 3) Es un material más barato que el cobre.

2.1.1.2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SECCIÓN DEL CONDUCTOR

A la hora de realizar la elección de la sección del cable conductor es muy importante tener en cuenta los diferentes fenómenos que puedan estar implicados en mayor o menor medida por el valor de dicha sección. Dichos fenómenos son los siguientes:

- Caída de tensión en la línea
- Límite térmico
- Efecto Joule
- Efecto corona

El cable usado en esta instalación, es el LA- 56. Este posee unas características mecánicas y eléctricas que cumplen los requisitos mecánicos y eléctricos mínimos para nuestra línea.

En los siguientes puntos de este capítulo, se expondrán los siguientes cálculos justificativos a los que hemos sometido al conductor LA-56 para cerciorarnos de que cumple con los requisitos que se le exigen.

2.1.1.2.4 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Remitiéndonos a la tabla 11 del artículo 4.2.1 del RLAT, podemos obtener la densidad de corriente máxima en régimen permanente, en función de la sección total de un cable de aluminio.

<i>Sección</i>	<i>Densidad de corriente</i>
50	4,0
70	3,55

TABLA 30: Tabla 11 Reglamento de Líneas de Alta Tensión

La sección del cable LA-56 es de 54,6 mm².

Interpolando entre estos valores obtenemos que para una sección de $54,6 \text{ mm}^2$ la densidad máxima de corriente en régimen permanente es de:

$$\delta_{54,6} = 3,896 \text{ A/mm}^2$$

Sin embargo, según el artículo 4.2.1 del RLAT, a esta densidad de corriente, se le debe de aplicar un factor de corrección $K = 0,937$ por tratarse de un cable Al-Ac con una composición 6+1.

La densidad de corriente máxima para el cable LA-56 será la siguiente:

$$\delta_{LA-56} = 3,896 \text{ A/mm}^2 \cdot k = 3,65 \text{ A/mm}^2$$

Una vez calculado la densidad de corriente máxima podremos obtener tanto la intensidad como la potencia máxima admisible para nuestro conductor.

$$I_{m\acute{a}x} = \delta_{LA-56} \cdot SEC_{LA-56} = 3,65 \text{ A/mm}^2 \cdot 54,6 \text{ mm}^2 = 199,29 \text{ A}$$

$$S_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_{m\acute{a}x} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot 199,29 \text{ A} = 6,9 \text{ MVA}$$

La potencia máxima que es capaz de transportar el conductor LA-56 es de 6,9 MVA. Para este proyecto se necesita una potencia de 250 kVA, Por lo tanto, nuestro conductor cumple con las exigencias de intensidad máxima admisible, pues el valor nominal de intensidad de nuestra línea está por debajo de la intensidad máxima que admite el conductor:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{250 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 7,21 \text{ A} < 199,29 \text{ A}$$

2.1.1.3 RESISTENCIA TOTAL DE LA LÍNEA

Según consta en la tabla de características del conductor, la resistencia óhmica por kilómetro de conductor es de 0,6136 Ω/Km , luego la resistencia total será:

$$R = 0,6136 \Omega/\text{Km} \cdot 1,991 \text{ km} = 1,22 \Omega$$

Como los conductores tienen resistencia se producen pérdidas de potencia en la línea eléctrica, en este caso se ve agravado al aumentar la temperatura del conductor debido a que aumenta la resistencia eléctrica de la forma:

$$R_1 = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20))$$

Donde: R_0 = resistencia en corriente continua del conductor a 20°C (0,6136 Ω/Km)

α = es el coeficiente de temperatura, para el aluminio a 20°C es de 0,00403 $\Omega/^\circ\text{C}$

θ = temperatura a la que queremos hallar el valor de la resistencia (25°C y 60°C)

R_1 = resistencia en corriente continua del conductor a temperatura θ

Sustituyendo calculamos el valor de $R_1^{25} = 0,625 \Omega/\text{Km}$ y $R_1^{60} = 0,71 \Omega/\text{Km}$

El valor calculado es el de la resistencia en corriente continua, en este caso la corriente se distribuye por igual a lo largo del cable, pero en la vida real la corriente es alterna, en este caso la resistencia es ligeramente mayor debido al efecto pelicular. Para tener en cuenta este efecto tenemos que aplicar el coeficiente K_{pel} . Como la sección del conductor es menor de 9mm, el coeficiente vale 1

Calculando:

$$R_{ca}^{25} = R_{cc}^{25} \cdot K_{pel} = 0,625 \cdot 1 = 0,625 \Omega/\text{Km}$$

$$R_{ca}^{60} = R_{cc}^{60} \cdot K_{pel} = 0,71 \cdot 1 = 0,71 \Omega/\text{Km}$$

La resistencia total de la línea será:

$$R_{TOTAL} = R_{ca}^{25} \cdot l = 0,625 \cdot 1,991 = 1,244 \Omega$$

$$R_{TOTAL} = R_{ca}^{60} \cdot l = 0,71 \cdot 1,991 = 1,41 \Omega$$

2.1.1.4 REACTANCIA TOTAL DE LA LÍNEA

La reactancia de la línea para la frecuencia de 50Hz, viene expresada por:

$$L = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \ln \frac{DMG}{RMG}$$

Donde: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$

DMG = distancia media geométrica entre conductores (esta distancia la obtenemos sabiendo las dimensiones de la torre, que influye en la separación de las fases)

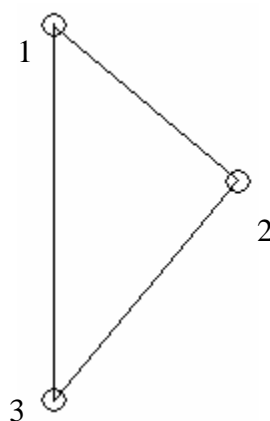


FIGURA 4: Esquema cálculo distancia media geométrica (DMG)

$$D_{12} = 2,69$$

$$D_{23} = 2,69$$

$$D_{31} = 3,6$$

$$DMG = \sqrt{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} = \sqrt[3]{2,69 \cdot 2,69 \cdot 3,6} = 2,96m$$

RMG = radio medio geométrico, donde r es el radio del conductor

$$RMG = r \cdot e^{-1/4} = 4,74 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-1/4} = 3,7 \cdot 10^{-3}m$$

Con todos los valores podemos determinar $L = 1,39 \cdot 10^{-6} H / m$

Calculamos la L de la línea como:

$$L_T = L \cdot 1991 = 2,76mH$$

Siendo la reactancia (X_L) de la línea:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2,66 \cdot 10^{-3} = 0,86\Omega$$

2.1.1.5 CAPACIDAD TOTAL DE LA LÍNEA

La capacidad de la línea está producida por la diferencia de potencia que hay entre los conductores, para calcularla no tendré en cuenta el efecto capacitivo con el suelo.

Calculamos la capacidad como:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{Ln \frac{DMG}{r}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{Ln \frac{2,96}{4,75 \cdot 10^{-3}}} = 8,63^{-12} F / m$$

$$C_T = C \cdot 1991 = 17,19\eta F$$

Siendo la susceptancia (X_c) de la línea:

$$X_c = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 17,19 \cdot 10^{-9} = 5,4 \mu\Omega$$

2.1.1.6 CIRCUITO EQUIVALENTE

La línea está catalogada como corta debido a que su longitud es inferior a 80Km, pudiendo calcular la impedancia equivalente como $Z=R+jX_L$, donde cada uno de los términos está calculado anteriormente.

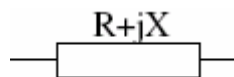


FIGURA 5: Impedancia de la línea

$$Z=1,244+0,86j = 1,51 \angle 34,65^\circ \Omega$$

La susceptancia de la línea es de $5,4 \mu\Omega$

De tal forma que el circuito equivalente será:

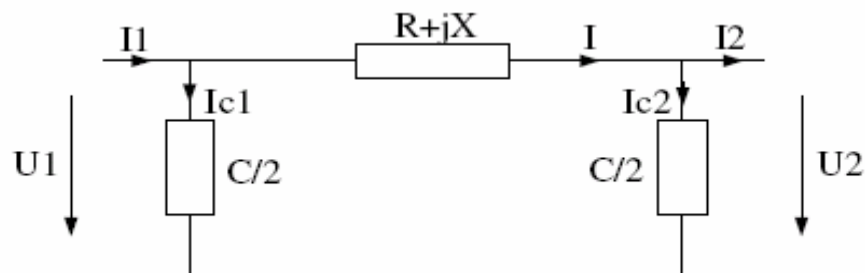


FIGURA 6: Circuito eléctrico equivalente de una línea aérea

2.1.1.7 INTENSIDAD MÁXIMA POR LÍMITE TÉRMICO

En este apartado se estudiará qué intensidad máxima puede circular por el conductor sin que este sufra daños por efectos térmicos. Para ello se estudiará el calor absorbido y evacuado por el conductor en las condiciones más desfavorables con el fin de determinar qué intensidad es capaz de soportar el conductor.

La ecuación térmica usada es: partimos de la suposición de que trabajamos en régimen permanente, por lo tanto estudiamos el límite térmico a partir de la siguiente expresión:

$$\sum Q = m.C_e.\frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

Donde: C_e = Calor específico (J/ (Kg .K))

Podemos despreciar la variación de la temperatura respecto al tiempo debido a que nos encontramos en régimen permanente, que es el tiempo donde se da la temperatura máxima, simplificando la expresión y obteniendo la siguiente:

$$Q_J + Q_S - Q_R - Q_C = 0$$

Donde: Q_J = calor por efecto Joule (w/m)

Q_S = calor por radiación solar (w/m)

Q_R = calor irradiado por el conductor (w/m)

Q_C = calor evacuado por convección (w/m)

Teniendo en cuenta dicha expresión se procederá a definir y calcular los distintos calores que intervienen en la ecuación:

a) **Calor por efecto Joule (Q_J)**

El calor por efecto Joule depende directamente de la resistencia del conductor así como de la intensidad que circula por este. Para conseguir el caso más desfavorable, se supondrá que dicho conductor se encuentra a una temperatura de 80°C.

La expresión que define el calor por efecto Joule es:

$$Q_J = R_a \cdot (1 + \alpha \cdot (T_c - T_a)) \cdot I^2$$

Ra está calculada a 80°C debido a que es la que más calor nos va a proporcionar

$$R_{a80^\circ} = R_{a20^\circ} \cdot [1 + \alpha \cdot (60 - 20)] = 0,76 \Omega / \text{Km} = 0,76 \cdot 10^{-3} \Omega / \text{m}$$

Una vez calculada Ra a 80°C obtenemos Q_J:

$$Q_J = 0,76 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,00403 \cdot 60) \cdot I^2 = 0,943 \cdot 10^{-3} \cdot I_J^2$$

b) Calor absorbido por radiación solar (Q_S)

El calor que recibe el cable debido a la incidencia del sol depende de la latitud a la que se encuentre situada la línea, la estación del año y el índice de nubosidad.

Es calculado mediante la expresión:

$$Q_S = \beta \cdot W_s \cdot \frac{d}{1000}$$

Donde: β = coeficiente de absorción que depende del conductor, en nuestro caso es 0,5

W_s = depende de la llamada constante solar, que es la cantidad de calor que recibiría una superficie unitaria perpendicular a los rayos solares 350 W/m²

d = diámetro del conductor.

Siendo $Q_S = 1,66 \text{ W/m}$

c) Calor irradiado por el conductor (Q_R)

Calculado mediante la fórmula:

$$Q_R = \varepsilon \cdot \sigma \cdot d \cdot (T_{\text{máx}}^4 - T_a^4)$$

Donde: ε = factor de emisividad, que representa la capacidad de emisión de energía por radiación del conductor, $\varepsilon = 0,5$

σ = constante de Stefan-Boltzman, que es igual a $5,67 \times 10^{-8} \text{ (W/m}^2\text{K}^4\text{)}$

d = diámetro del conductor en metros

T_a y $T_{\text{máx}}$ = temperaturas en Kelvin (ambiente y conductor)

$$Q_R = 0,5 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 9,5 \cdot 10^{-3} \cdot [(273,15 + 80)^4 - (273,15 + 20)^4] = 2,2$$

Siendo $Q_R = 2,2 \text{ W/m}$

d) Calor evacuado por convección (Q_C)

El calor por efecto Joule presenta dos casos: la convección natural y la convección forzada. Obtendremos el calor por convección de dos maneras distintas y tomaremos el resultado mayor.

Para calcular la convección forzada tomaremos una velocidad del viento superior a 0 m/s.

$$Q_{C1} = (1,01 + 11,27 \cdot (d \cdot V)^{0,52}) \cdot 0,02723 \cdot (T_{\text{máx}} - T_a)$$

$$Q_{C2} = 0,23714 \cdot (d \cdot V)^{0,6} \cdot (T_{\text{máx}} - T_a)$$

Donde: d = diámetro del conductor.

$T_{\text{máx}}$ y T_a = temperaturas del conductor y del ambiente (80°C y 20°C)

V = velocidad del viento en m/s ($0,6 \text{ m/s}$)

$$Q_{C1} = (1,01 + 11,27 \cdot (9,5 \cdot 0,6)^{0,52}) \cdot 0,02723 \cdot (80 - 20) = 47,16 \text{ W / m}$$

$$Q_{C2} = 0,23714 \cdot (9,5 \cdot 0,6)^{0,6} \cdot (80 - 20) = 40,42 \text{ W / m}$$

Tomando el valor mayor podemos decir que el calor por unidad de tiempo evacuado por convección es: 47,16 W/m

Utilizando estos cálculos y sustituyendo en la ecuación de estado, obtendremos la intensidad máxima que es capaz de soportar el conductor debido al límite térmico:

$$0,943 \cdot 10^{-3} \cdot I_J^2 = Q_R + Q_C - Q_S = 2,2 + 47,16 - 1,66$$

Despejando la intensidad obtenemos que: $I_J = 224,9 \text{ A}$

Al comparar el valor obtenido con el de la intensidad nominal que circular por nuestra línea, llegamos a la conclusión de que la I_n de nuestra línea es menor que el valor máximo de intensidad que puede soportar el conductor debido a los efectos térmicos, por lo tanto cumple esta condición, asegurando que el conductor LA-56 es adecuado.

$$I_n = 7,21 < 225,9 = I_J$$

2.1.1.8 CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión debido a la resistencia y a la reactancia (despreciando la capacidad ya que se trata de una línea inferior a los 60 km y de menos de 66 kV) viene determinada por la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

Donde: ΔU : Caída de tensión compuesta en V

I_n : Intensidad de la línea que es de: 7,21 A

R: Resistencia por fase de la línea que es de 1,41 Ω

X: Reactancia de la línea que es de 0,86 Ω

$\cos \varphi$: factor de potencia que es de 0,8

Teniendo en cuenta dichos valores obtenemos que la caída de tensión de a lo largo de los 1,991 km de nuestra línea, toma el valor de:

$$\Delta U = 17,75 \text{ V}$$

Por lo tanto, la caída de tensión en valor porcentual es:

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U_L} = \frac{17,75 \text{ V}}{20 \cdot 10^3 \text{ V}} = 0,088\%$$

Siendo una caída de tensión del 0,088% un valor aceptable.

2.1.1.9 PÉRDIDAS DE POTENCIA POR EFECTO JOULE

Estas pérdidas de potencia activa son debidas directamente a la resistencia de la línea y vienen definidas según la siguiente expresión:

$$P_J = 3 \cdot R \cdot I^2$$

Si calculamos las pérdidas en las peores condiciones, es decir, con la resistencia a 80°C como la corriente calculadas en el límite térmico, obtendremos unas pérdidas de Joule máximas.

$$P_J = 3 \cdot R_{ca}^{80^\circ} \cdot I_{m\acute{a}x}^2 = 3 \cdot (0,76 \Omega / \text{Km} \cdot 1,991) \cdot 199,29^2 \text{ A}$$

$$P_J = 180,29 \text{ kW}$$

Pero, estas pérdidas son en las peores condiciones, en cambio, en condiciones normales, con la corriente nominal de 7,21 A y con la resistencia a 25°C, $R_{ca}^{25^\circ}$, (exigido en condiciones iniciales del proyecto), tenemos unas pérdidas de Joule de:

$$P_J = 3 \cdot R_{ca}^{25^\circ} \cdot I_{m\acute{a}x}^2 = 3 \cdot (0,625 \Omega / \text{Km} \cdot 1,991) \cdot 7,21^2 \text{ A}$$

$$P_J = 195 \text{ W}$$

Con lo que se comprueba, que las pérdidas por efecto Joule aumenta exageradamente, cuando la temperatura y la corriente suben.

2.1.1.10 PÉRDIDAS POR EFECTO CORONA

Aunque el artículo 4.3 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta tensión nos exime de calcular este efecto por ser una línea inferior a 66 kV, lo comprobaremos por estar próxima la tensión de la línea próxima a los 30 kV que obligan a la comprobación.

El efecto corona se produce por la aparición de un elevado campo eléctrico en la superficie del conductor produciendo la rotura dieléctrica del aire, formando corrientes de carga y descarga cuyas consecuencias son pérdidas de potencia en la línea. Las pérdidas por efecto corona depende principalmente de la tensión y de las condiciones atmosféricas en las que se encuentre el conductor, pero también influyen otros agentes como la contaminación y en menor medida las características del cable.

Según los estudios realizados acerca de este fenómeno, los conductores presentarán pérdidas significativas por efecto corona a partir de una determinada tensión. A esta tensión de fase se le denomina *tensión crítica disruptiva*, su valor se obtiene mediante la fórmula de Peek:

$$U_d = \sqrt{3} \cdot m_d \cdot m_t \cdot \delta \cdot \epsilon_{ra} \cdot \frac{r}{\beta} \cdot \ln \frac{D}{r}$$

donde: m_t = factor metereológico

- 1 para seco
- 0,8 para mojado.

m_d = es el coeficiente de rugosidad del conductor:

- 1 para hilos de superficie lisa.
- 0,93 a 0,98 hilos oxidados o rugosos.
- 0,83 a 0,87 para conductores formados por hilos (0,85)

ϵ_{ra} = rigidez dieléctrica del aire = 21,21 kV/cm

r = radio del conductor (0,475 cm)

D = distancia media geométrica entre conductores en cm (296)

β = factor que recoge el efecto de la disposición de los conductores en haces (en nuestro caso es 1 por ser simple).

δ = factor de corrección de la densidad del aire 0,94

Sustituyendo los datos obtenemos que $U_{d \text{ SECO}} = 89,71 \text{ kV}$ y

$U_{d \text{ HÚMEDO}} = 71,77 \text{ kV}$

Como ambas tensiones críticas disruptivas son superiores a las tensiones máximas de funcionamiento (24 kV) no debemos de calcular las pérdidas por efecto corona debido a que no existe tal efecto.

2.1.1.11 COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

En este capítulo se define y justifica el tipo y número de aisladores que se utilizarán en la línea aérea objeto de estudio. Para lo cual se realizará un estudio de tensiones soportadas exigidas por el reglamento, así como el cálculo de la línea de fuga mínima necesaria y el diseño (tipo y número de aisladores) de las cadenas normalizadas.

2.1.1.11.1 SOBRETENSIONES SOPORTADAS

Según el artículo 1.2 del R.L.A.T., para una línea que tiene una tensión nominal de 20 kV la tensión más elevada en condiciones normales de trabajo tiene un valor de 24 kV. Teniendo en cuenta este valor de tensión máxima, podremos definir las tensiones representativas tanto para sobretensiones atmosféricas como para sobretensiones temporales de frecuencia industrial (f.i):

- Sobretensión representativa atmosférica: debida a efectos atmosféricos, principalmente los rayos.

$$U_{base-rayo} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 24}{\sqrt{3}} = 19,59KV$$

- Sobretenión representativa a frecuencia industrial: debida a faltas y desconexiones de cargas. Son sobretensiones temporales a frecuencia de 50 Hz. (frecuencia industrial)

$$U_{base-frecuencia\ industrial} = \frac{U_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} = \frac{24}{\sqrt{3}} = 13,85KV$$

Con estos cálculos obtenemos la tensión esperada o representativa como:

$$U_{rp} = U_{rp}(p.u) \cdot U_{base} = (KV)$$

Para calcular este valor buscamos el valor de U_{rp} (p.u) en las tablas en función de la sobretensión de la línea.

SOBRETENSIÓN	$U_{max} \leq 72,5$ KV	$72,5KV < U_{max} > 245KV$	$245KV < U_{max} > 420KV$
Atmosférica	4	4,0	4,0
Temporal	-	-	2,5
Maniobra	2	1,5	1,5

TABLA 31: Tabla 12 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Nivel de aislamiento normalizado

Al ser nuestra tensión máxima de 24 kV obtenemos:

SOBRETENSIÓN	U_{rp} (kV)
Atmosférica	4
Temporal	-
Maniobra (f.i)	2

TABLA 32: Nivel de aislamiento normalizado para la línea aérea de 20 kV

Aplicando la ecuación y las constantes las tensiones esperadas para cada caso de sobretensión son:

$$U_{rpATM} = 4.19,59 = 78,36 \text{ kV}$$

$$U_{rpFI} = 2.13,85 = 27,7 \text{ kV}$$

Halladas las tensiones representativas podemos calcular las sobretensiones soportadas por la cadena de aisladores (U_{sp}) por medio de la ecuación:

$$U_{sp} = U_{rp} \cdot K_a \cdot K_c \cdot K_s$$

Donde: K_a = factor de altitud.

$$K_a = e^{(H/8150)} = e^{(1016,85/8150)} = 1,13$$

H = altura del terreno.

K_c = factor de coordinación (1,15).

K_s = factor de seguridad (1,05).

$$U_{spATM} = 78,36 \cdot 1,13 \cdot 1,15 \cdot 1,05 = 106,92 \text{ KV}$$

$$U_{spTEMP} = 27,7 \cdot 1,13 \cdot 1,15 \cdot 1,05 = 37,79 \text{ KV}$$

Según el artículo 4.4 en su tabla 12 del RLAT, los niveles mínimos de aislamientos necesarios deben de ser superiores a:

Tensión más elevada para el material (KV)	Tensión soportada normalizada a los impulsos de tipo rayo (kV)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial (kV)
24	95	50

TABLA 33: Tabla 12 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Niveles mínimos de aislamientos

Como se puede observar, estos valores son superiores a los anteriormente calculados y, por consiguiente, son los que se deberá exigir que soporte cada cadena de aisladores utilizadas en este proyecto.

2.1.1.11.2 CÁLCULO DE LA LÍNEA DE FUGA

El cálculo de la línea de fuga depende en gran medida de la contaminación atmosférica que tenga la zona por la que discurre la línea.

Atendiendo a la tabla 14 del punto 4.4 del R.L.A.T podemos decir que el nivel de contaminación es “I ligero” por tratarse de una zona montañosa y agrícola en la cual el empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, no da lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión del viento

La línea aérea de alta tensión que se estudia en este proyecto discurre por una zona con poca contaminación, denominada “contaminación ligera”. Según la norma CEI-815 para este tipo de contaminación, se le atribuye un valor aproximado $d_f^{pl} = 18$ mm/kV.

Teniendo en cuenta un valor de tensión máximo de 24 kV, obtenemos que la línea de fuga que forme cada cadena de aisladores deberá tener una longitud mayor a la siguiente:

$$l_f = d_f^{pl} \cdot U_{\max} = 18 \cdot 24 = 432 \text{ mm}$$

2.1.1.11.3 ELECCIÓN DEL AISLADOR Y DISEÑO DE LAS CADENAS

Calculadas la tensión que han de soportar los aisladores y la línea de fuga mínima que deberán satisfacer las cadenas de aisladores, se podrá elegir el tipo y número de aisladores que conformarán cada cadena.

La elección del tipo de aislador se ha basado principalmente en la comprobación de que su carga de rotura mecánica sea válida según los cálculos mecánicos que se exponen en el capítulo Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.1.2.12. Así mismo, nos interesa que su línea de fuga permita la formación de cadenas constituidas por pocos aisladores.

El aislador elegido, por sus características eléctricas, mecánicas y por el aspecto económico es el aislador de vidrio SGD la Granja E-40-100 cuyas características básicas se exponen a continuación:

Modelo	E-40-100
Material	Vidrio templado
Paso	100
Diámetro	175
Línea de fuga	185
Peso neto aproximado	1,65 kg
Unión normalizada IEC-120	11
Tensión soportada a frecuencia industrial en seco	50 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia	32 kV
Tensión soportada al impulso de choque en seco	70 kV
Tensión de perforación en aceite	110 kV

TABLA 34: Características aislador SGD E-40-100

Con estas características calculamos el número necesario de aisladores.

$$N^{\circ}_{\text{aisladores}} = \frac{l_f}{l_{\text{fuga(aislador)}}} = \frac{432}{185} = 2,33 \text{ aisladores}$$

Al no salir un número entero lo aproximamos a 3. Debemos de colocar una cadena de 3 aisladores por fase.

En el catálogo del fabricante obtenemos las siguientes características para dicha cadena de aisladores:

- Tensión soportada a frecuencia industrial en seco: 138
- Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia: 78
- Tensión soportada al impulso tipo rayo 1,2/50: 195

Estas características eléctricas las comparamos con las dictadas en el Reglamento en la tabla siguiente:

	Valores aportados por la cadena de aisladores	Valores exigidos
Sobretensión a f.i (kV)	130	50
Sobretensión a impulso tipo rayo (kV)	195	95
Línea de fuga (mm)	555	432

TABLA 35: Comparación de valores de la cadena de aisladores con los exigidos en el Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión

Cumple que los valores obtenidos por la cadena de aisladores son mayores que los obtenidos en los cálculos y los dictados por el reglamento, por lo tanto los aisladores calculados nos servirán basándonos en los parámetros eléctricos.

Las características mecánicas de las cadenas de aisladores así como la disposición de estas se describen en el capítulo Capítulo 2: Cálculos justificativos en su punto 2.1.2.12

2.1.1.12 CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN AUTOVALVULAR.

Tensión Nominal

$$U_n = cte_1 cte_2 \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

Donde:

cte_1 = coeficiente de seguridad entre 1,05 y 1,15. Elegimos 1,1.

cte_2 = coeficiente de tipo de puesta a tierra (neutro a tierra = 1,38)

U_L = tensión de línea entre fases = 20 KV.

Corriente de Descarga.

Al ser la tensión 20 KV un nivel normal es de 10 KA.

Nivel de protección. (coordinación de aislamiento).

Calculo de las tensiones de aislamiento aguas abajo de las autoválvulas:

Tipo Rayo \Rightarrow Tensión de cerrado tipo rayo (1,2 μ s / 50 μ s).

Tensión Residual U_r .

Tensión cerrado de onda frente lineal.

Insertando todos los datos en las ecuaciones obtenemos:

Tensión Nominal

$$U_N = 1,1 \cdot 1,38 \cdot \frac{20}{\sqrt{3}} = 17,52 \text{ kV}$$

por lo que elegiremos una autoválvula de 20 KV de tensión nominal.

Corriente de descarga: 10 KA.

Nivel de protección.

Tensión de cebado tipo rayo (1,2 μ s / 50 μ s) = 60 KV.

Tensión Residual U_r = 62 KV.

Tensión cerrado de onda frente lineal = 66KV.

La tensión de aislamiento para la coordinación aguas abajo será de 74,4 KV.

2.1.2 CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CONDUCTORES

2.1.2.1 CÁLCULO DEL VANO REGULADOR

A través del cálculo del vano regulador definimos un vano (de referencia) para utilizar en los diferentes cálculos que hay que realizar para el diseño de la línea.

El vano regulador se calcula en función de los vanos existentes en la línea.

La siguiente expresión responde al cálculo de vano regulador:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

El vano regulador medio que vamos a tomar es de: 168,28 m

El vano regulador, quedará situado en zona C por tener unas condiciones más restrictivas para futuros cálculos.

2.1.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

Se proyecta instalar un conductor Al-Ac de sección nominal 54,6 mm² cuyas características mecánicas son las siguientes:

- Denominación	LA-56
- Material	Aluminio-Acero.
- Sección	54,6 mm ² .
- Diámetro	9,5 mm.
- Número de Hilos de Aluminio	6
- Número de Hilos de Acero	1
- Carga de Rotura	1.666 kg.
- Peso propio kg/m	0,189
- Módulo de Elasticidad	8.100 Kg/mm ² .
- Coef. Dilatación (°C)	1,91E-5
- Resistencia Óhmica	0,6136 Ω/Km

TABLA 36: Características mecánicas del conductor de la línea aérea

2.1.2.3 ACCIONES CONSIDERADAS

Las acciones mecánicas externas que deben considerarse actuando sobre la línea son:

a) Cargas permanentes

Se considera el peso del conductor

$$P_c = 0,1891 \text{ kg/m}$$

b) Hipótesis de hielo.

Atendiendo el artículo 3.1.3 del RLAT debemos considerar sobrecargas motivadas por el hielo. Debido a que la línea transcurre por zona B (altura entre 500 y 1000 metros) y zona C (altura superior a 1000 metros).

Las sobrecargas serán las siguientes:

- Zona B

La sobrecarga sobre el conductor producida por el manguito de hielo viene determinada por el valor:

$$P_H = 180 \sqrt{d \text{ gramos metro lineal}} = 0,18 \sqrt{d \text{ Kg metro lienal}}$$

Siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros

$$P_H = 0,18 \sqrt{d} \text{ kg/m} = 0,18 \sqrt{9,45} \text{ kg/m} = 0,553 \text{ Kg/m}$$

La carga total quedaría como la suma del peso del conductor más la hipótesis de hielo.

$$P_{1B} = P_c + P_h = 0,1891 + 0,553 = 0,742 \text{ Kg/m}$$

El coeficiente de sobrecarga para esta hipótesis es:

$$m_1 = \frac{W_{total}}{P_{conductor}} = \frac{0,742}{0,189} = 3,925$$

- Zona C

La sobrecarga sobre el conductor producida por el manguito de hielo viene determinada por el valor:

$$P_H = 360 \sqrt{d \text{ gramos metro lineal}} = 0,36 \sqrt{d \text{ Kg metro lienal}}$$

Siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros

$$P_H = 0,36 \sqrt{d} \text{ kg/m} = 0,36 \sqrt{9,45} \text{ kg/m} = 1,16 \text{ Kg/m}$$

La carga total quedaría como la suma del peso del conductor más la hipótesis de hielo.

$$P_{1C} = P_c + P_h = 0,1891 + 1,16 = 1,295 \text{ Kg/m}$$

El coeficiente de sobrecarga para esta hipótesis es:

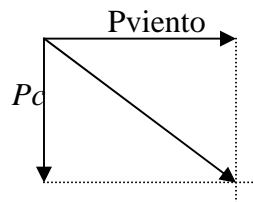
$$m_2 = \frac{W_{total}}{P_{conductor}} = \frac{1,295}{0,189} = 6,855$$

c) Presión del viento

La presión del viento sobre los conductores, según indica el artículo 3.1.2.1 del Reglamento vigente, es función del diámetro del mismo y se tomará de acuerdo con el valor de 60 kg/ mm² por tener un diámetro igual o inferior a 16 milímetros.

$$P_v = 60 * d = 60 * 0,0095 = 0,57 \text{ Kg/m}$$

La carga total quedaría como la suma del peso del conductor más la hipótesis del viento.



$$P_2 = \sqrt{P_{viento}^2 + P_{peso}^2} = \sqrt{0,57^2 + 0,1891^2} = 0,6 \text{ Kg/m}$$

$$\varphi = \arctan(p_v / p_c) = 71,64^\circ$$

El coeficiente de sobrecarga para esta hipótesis es:

$$m_3 = \frac{W_{total}}{P_{conductor}} = \frac{0,6}{0,1891} = 3,17$$

2.1.2.4 HIPÓTESIS DE TRACCIÓN MÁXIMA

Según el RLAT en su artículo 3.2.1, la tracción máxima de los conductores y cables no debe de resultar superior a su carga de rotura dividida por 3, al tratarse de alambres (el LA-56 tiene una configuración 6+1); considerándolos sometidos a las siguientes hipótesis de sobrecarga por estar situados en las zonas B y C:

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura	Sobrecarga viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-10	Según lo calculado en el apartado 3.c	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según lo calculado en el apartado 3.b

TABLA 37: Tabla 4 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Condiciones de hipótesis que limitan la tracción máxima admisible

ZONA C			
Hipótesis	Temperatura	Sobrecarga viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-15	Según lo calculado en el apartado 3.c	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según lo calculado en el apartado 3.b

TABLA 38: Tabla 4 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Condiciones de hipótesis que limitan la tracción máxima admisible

$$T_{\max} = \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Coeficiente de seguridad}} = \frac{1666}{3} = 555,33 \text{ Kg} = 5,44 \text{ kN}$$

Para saber la carga de rotura por mm² dividimos la Tmax entre la sección del conductor.

$$t_{\max} = \frac{555,33}{54,6} = 10,17 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

2.1.2.5 HIPÓTESIS DE TRACCIONES DINÁMICAS

Partiendo de la tensión correspondiente a la hipótesis de tracción máxima, se calcula con la ayuda de la ecuación de cambio de estado, las tensiones correspondientes a distintas hipótesis, comprobando cuál de ellas produce mayores esfuerzos.

Dicha ecuación es:

$$T_2^2 [T_2 + \frac{E.S}{24} \cdot \left(\frac{p_1^2}{T_1^2} \right) \cdot a^2 + E.S.\alpha.(\theta_2 - \theta_1) - T_1^2] = \frac{E.S}{24} \cdot a^2 \cdot p_2^2$$

Donde: T_1 = Tensión del cable en condiciones iniciales en kg (hipótesis de tracción máxima)

T_2 = Tensión del cable en condiciones finales en kg

a = Longitud del vano (tomamos los distintos vanos reguladores)

p_1 = Carga del cable en condiciones iniciales en kg/m

p_2 = Carga del cable en condiciones finales en kg/m

E = Módulo de elasticidad

S = Sección del conductor

θ = Temperatura en grados

α = coeficiente de dilatación lineal por grado de temperatura.

El cálculo de la flecha se efectuará mediante la expresión:

$$f = \frac{a^2 p}{8T}$$

Donde: a = longitud del vano (tomamos la del vano regulador)

p = peso de la hipótesis.

T = tracción máxima

Los estados a calcular son:

Estado 1: Tensión de cada día. (EDS).

Se considera en esta hipótesis una temperatura de 15 °C sin sobrecarga.

La tensión obtenida de la comparación debe ser menor del 15% de la carga de rotura, en caso de no ocurrir esto, debería aumentarse el coeficiente de seguridad empleado en el cálculo de la hipótesis de tracción máxima y repetir de nuevo el cálculo.

Los valores obtenidos de tensión mecánica para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	15°C
Tensión mecánica H1	79,63 kg
EDS (%)	4,78

TABLA 39: Valores de tensión mecánica. Tensión de cada día

Estado 2: Tensión de horas frías. (CHS).

Se considera en esta hipótesis una temperatura de -5 °C sin sobrecarga.

La tensión obtenida de la comparación debe ser menor del 22,5 % de la carga de rotura, en caso de no ocurrir esto, debería aumentarse el coeficiente de seguridad empleado en el cálculo de la hipótesis de tracción máxima y repetir de nuevo el cálculo.

Los valores obtenidos de tensión mecánica para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	-5°C
Tensión mecánica H2	81,46 kg
EDS (%)	4,89

TABLA 40: Valores de tensión mecánica. Tensión de horas frías

Estado 3: Hipótesis de viento a baja temperatura

Se considera que el conductor está sometido a la acción de su propio peso y a la sobrecarga por viento, a una temperatura de -10°C si se está en zona B y de -15°C si se está en una zona C.

Los valores obtenidos de tensión mecánica para el vano regulador que está situado en zona C por poseer unas condiciones más restrictivas son:

Temperatura θ_2	-15°C
Tensión mecánica H3	260

TABLA 41: Valores de tensión mecánica. Viento a baja temperatura**Estado 4: Hipótesis de hielo a baja temperatura**

Se considera que el conductor está sometido a la acción de su propio peso y a la sobrecarga por hielo, a una temperatura de -15°C si se está en zona B y de -20°C si se está en una zona C.

Los valores obtenidos de tensión mecánica para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	-20°C
Tensión mecánica H4	539

TABLA 42: Valores de tensión mecánica. Hielo a baja temperatura

Flechas máximas.

Atendiendo al punto 3.2.3 del R.L.A.T determinaremos la flecha máxima de los conductores en las siguientes hipótesis:

a) **Estado 5: Hipótesis de temperatura**

Sometidos a la acción de su propio peso, a la temperatura máxima previsible 50°C.

Los valores obtenidos de tensión mecánica y flecha para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	50°C
Tensión mecánica H5	76 kg
Flecha	8,85 m

TABLA 43: Flecha máxima. Temperaturab) **Estado 6: Hipótesis de viento**

Sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de viento.

Los valores obtenidos de tensión mecánica y flecha para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	15°C
Tensión mecánica H6	249 kg
Flecha	8,68 m

TABLA 44: Flecha máxima. Vientoc) **Estado 7: Hipótesis de hielo**

Sometidos a la acción de su propio peso y a una sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, a la temperatura de 0 °C.

Los valores obtenidos de tensión mecánica y flecha para el vano regulador son:

Temperatura θ_2	0°C
Tensión mecánica H7	526 kg
Flecha	8,88 m

TABLA 45: Flecha máxima. Hielo

TABLA 1: CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Fenómenos vibratorios

				ESTADO 1 : TENSIÓN DE CADA DÍA		ESTADO 2 : TENSIÓN EN HORAS FRÍAS	
Vano	Zona	Long Vano (m)	Desnivel de Conductores (m)	%	Tensión (kg)	%	Tensión (kg)
1-2	B	316	-12,45	8,91	148,4	9,05	150,7
2-3	B	121	43,09	10,28	171,2	11,72	195,25
3-4	B	94	10,97	11,46	190,9	14,38	239,5
4-5	B	99	21,26	11,14	185,5	13,65	227,4
5-6	B	68	21,04	13,83	230	19,2	319,87
6-7	B	63	18,59	14,51	241,7	20,36	339,2
7-8	B	112	46,21	10,58	176,2	12,39	206,41
8-9	B	95	21,38	11,41	190	14,27	237,7
9-10	B	78	21,39	12,76	212,5	17,19	286,38
10-11	B	186	-20,08	9,33	155,4	9,8	163,26
11-12	B	78	44,12	12,7	211,5	17,07	284,38
12-13	C	112	22,05	5,37	89,4	5,63	93,79
13-14	C	94	0,4	5,54	82,2	5,94	98,96
14-15	C	181	-13,08	5,13	85,4	5,21	86,8
15-16	C	107	-20,29	5,41	90	5,69	94,79
16-17	B	106	-40,97	10,81	180	12,9	214,91
17-18	B	92	-48,1	11,59	193	14,67	244,4

TABLA 46: Valores de apoyo. Cálculo: Fenómeno vibratorio

TABLA 1: CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES
Tracciones máximas admisibles

					Zona B		Zona C	
Vano	Zona	Long Vano (m)	Desnivel de Conductores (m)	Tensión max (kg)	ESTADO 3: Tensión (-10°C+V) (kg)	ESTADO 4: Tensión (-15°C+H) (kg)	ESTADO 3: Tensión (-15°C+V) (kg)	ESTADO 4: Tensión (-20°C+ H) (kg)
1-2	B	316	-12,45	555,33	454	560	--	--
2-3	B	121	43,09	555,33	469	560	--	--
3-4	B	94	10,97	555,33	477	560	--	--
4-5	B	99	21,26	555,33	475	560	--	--
5-6	B	68	21,04	555,33	488	560	--	--
6-7	B	63	18,59	555,33	491	560	--	--
7-8	B	112	46,21	555,33	472	560	--	--
8-9	B	95	21,38	555,33	477	560	--	--
9-10	B	78	21,39	555,33	484	560	--	--
10-11	B	186	-20,08	555,33	460	560	--	--
11-12	B	78	44,12	555,33	484	560	--	--
12-13	C	112	22,05	555,33	277	341	280	560
13-14	C	94	0,4	555,33			289	560
14-15	C	181	-13,08	555,33			267	560
15-16	C	107	-20,29	555,33	278	343	282	560
16-17	B	106	-40,97	555,33	473	560	--	--
17-18	B	92	-48,1	555,33	478	560	--	--

TABLA 47: Valores de apoyo. Cálculo: Tracciones máximas admisibles

TABLA 1: CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Presiones del viento, hielo y temperatura. Flecha máxima.

				ESTADO 5: Tensión (50°C)		ESTADO 6: Tensión (15°C+V)		ESTADO 7: Tensión (0°C+H)		
Vano	Zona	Long Vano (m)	Desnivel de Conductores (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Tensión (kg)	Flecha (m)	Flecha max (m)
1-2	B	316	-12,45	143	19,22	443	19,24	552	19,2	19,24
2-3	B	121	43,09	132	3,05	416	3,03	523	2,99	3,05
3-4	B	94	10,97	126	1,91	402	1,87	510	1,83	1,91
4-5	B	99	21,26	128	2,12	405	2,08	513	2,04	2,12
5-6	B	68	21,04	117	1,09	382	1,03	492	1	1,09
6-7	B	63	18,59	114	0,95	377	0,89	487	0,86	0,95
7-8	B	112	46,21	131	2,63	412	2,6	519	2,56	2,63
8-9	B	95	21,38	127	1,94	402	1,9	510	1,86	1,94
9-10	B	78	21,39	121	1,37	391	1,32	499	1,28	1,37
10-11	B	186	-20,08	139	6,83	432	6,83	540	6,79	6,83
11-12	B	78	44,12	121	1,38	391	1,33	500	1,3	1,38
12-13	C	112	22,05	80	4,25	259	4,1	536	4,29	4,29
13-14	C	94	0,4	79	3,07	259	2,92	529	3,1	3,1
14-15	C	181	-13,08	82	10,99	259	10,84	550	11,05	11,05
15-16	C	107	-20,29	80	3,91	259	3,77	534	3,95	3,95
16-17	B	106	-40,97	130	2,39	409	2,36	517	2,32	2,39
17-18	B	92	-48,1	126	1,84	401	1,8	509	1,76	1,84

TABLA 48: Valores de apoyo. Cálculo: Tracciones viento, hielo, temperatura y flecha máxima

2.1.2.6 TABLAS DE TENDIDO

Las tablas de regulación o tendido indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura, sin actuar sobrecarga alguna y tendiendo en cuenta el desnivel existente entre los puntos de sujeción del cable en los extremos del vano de que se trate.

Conociendo el vano, mediante la ecuación de cambio de condiciones, determinaremos la tracción a diferentes temperaturas (entre -5 °C y 50 °C) sin sobrecarga, y conocida ésta, determinaremos la flecha que corresponda a cada uno de los vanos que forman el cantón, mediante la expresión:

$$f = \frac{a^2 p}{8T}$$

Donde: a = longitud del vano (tomamos la del vano regulador)

p = peso de la hipótesis.

T = tracción del cable en el punto medio del vano.

Conocidas las tracciones y las sobrecargas que ocasionan las flechas máximas y mínimas, determinaremos los parámetros de las catenarias correspondientes mediante la expresión:

$$Y = \frac{Th}{P_c}$$

Donde: Th = Para la flecha considerada, componente horizontal de la tracción del cable correspondiente al vano.

Pc = Peso del conductor

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 1

APOYOS: 1-2

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	151	18,17
<i>0°C</i>	150	18,27
<i>5°C</i>	149	18,37
<i>10°C</i>	148	18,47
<i>15°C</i>	148	18,56
<i>20°C</i>	147	18,66
<i>25°C</i>	146	18,75
<i>30°C</i>	145	18,85
<i>35°C</i>	145	18,94
<i>40°C</i>	144	19,04
<i>45°C</i>	143	19,13
<i>50°C</i>	143	19,22

TABLA 49: Tabla tendido. Vano 1

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 2

APOYOS: 2-3

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	195	2,07
<i>0°C</i>	186	2,17
<i>5°C</i>	178	2,26
<i>10°C</i>	171	2,36
<i>15°C</i>	165	2,45
<i>20°C</i>	159	2,54
<i>25°C</i>	153	2,63
<i>30°C</i>	149	2,72
<i>35°C</i>	144	2,81
<i>40°C</i>	140	2,89
<i>45°C</i>	136	2,97
<i>50°C</i>	132	3,05

TABLA 50: Tabla tendido. Vano 2

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 3

APOYOS: 3-4

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	240	1,01
<i>0°C</i>	221	1,09
<i>5°C</i>	205	1,18
<i>10°C</i>	191	1,27
<i>15°C</i>	179	1,35
<i>20°C</i>	168	1,44
<i>25°C</i>	159	1,52
<i>30°C</i>	151	1,6
<i>35°C</i>	144	1,68
<i>40°C</i>	137	1,76
<i>45°C</i>	132	1,84
<i>50°C</i>	126	1,91

TABLA 51: Tabla tendido. Vano 3

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 4

APOYOS: 4-5

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	227	1,19
<i>0°C</i>	212	1,28
<i>5°C</i>	198	1,37
<i>10°C</i>	186	1,46
<i>15°C</i>	175	1,55
<i>20°C</i>	166	1,64
<i>25°C</i>	157	1,72
<i>30°C</i>	150	1,8
<i>35°C</i>	144	1,89
<i>40°C</i>	138	1,97
<i>45°C</i>	133	2,04
<i>50°C</i>	128	2,12

TABLA 52: Tabla tendido. Vano 4

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 5

APOYOS: 5-6

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	320	0,4
<i>0°C</i>	287	0,44
<i>5°C</i>	257	0,49
<i>10°C</i>	230	0,55
<i>15°C</i>	207	0,61
<i>20°C</i>	187	0,68
<i>25°C</i>	169	0,75
<i>30°C</i>	155	0,82
<i>35°C</i>	143	0,89
<i>40°C</i>	133	0,96
<i>45°C</i>	124	1,02
<i>50°C</i>	117	1,09

TABLA 53: Tabla tendido. Vano 5

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 6

APOYOS: 6-7

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	339	0,32
<i>0°C</i>	304	0,36
<i>5°C</i>	272	0,4
<i>10°C</i>	242	0,45
<i>15°C</i>	215	0,5
<i>20°C</i>	192	0,56
<i>25°C</i>	173	0,63
<i>30°C</i>	156	0,69
<i>35°C</i>	143	0,76
<i>40°C</i>	131	0,83
<i>45°C</i>	122	0,89
<i>50°C</i>	114	0,95

TABLA 54: Tabla tendido. Vano 6

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 7

APOYOS: 7-8

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	206	1,67
<i>0°C</i>	195	1,76
<i>5°C</i>	185	1,86
<i>10°C</i>	176	1,95
<i>15°C</i>	168	2,04
<i>20°C</i>	161	2,13
<i>25°C</i>	155	2,22
<i>30°C</i>	149	2,31
<i>35°C</i>	144	2,39
<i>40°C</i>	139	2,47
<i>45°C</i>	135	2,56
<i>50°C</i>	131	2,63

TABLA 55: Tabla tendido. Vano 7

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 8

APOYOS: 8-9

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	238	1,03
<i>0°C</i>	220	1,12
<i>5°C</i>	204	1,21
<i>10°C</i>	190	1,29
<i>15°C</i>	178	1,38
<i>20°C</i>	168	1,46
<i>25°C</i>	159	1,55
<i>30°C</i>	151	1,63
<i>35°C</i>	144	1,71
<i>40°C</i>	137	1,79
<i>45°C</i>	132	1,86
<i>50°C</i>	127	1,94

TABLA 56: Tabla tendido. Vano 8

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 9

APOYOS: 9-10

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	286	0,58
<i>0°C</i>	259	0,64
<i>5°C</i>	234	0,7
<i>10°C</i>	213	0,78
<i>15°C</i>	194	0,85
<i>20°C</i>	178	0,93
<i>25°C</i>	165	1
<i>30°C</i>	153	1,08
<i>35°C</i>	143	1,15
<i>40°C</i>	135	1,23
<i>45°C</i>	127	1,3
<i>50°C</i>	121	1,37

TABLA 57: Tabla tendido. Vano 9

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 10

APOYOS: 10-11

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	163	5,81
<i>0°C</i>	161	5,9
<i>5°C</i>	158	6
<i>10°C</i>	155	6,1
<i>15°C</i>	153	6,2
<i>20°C</i>	151	6,29
<i>25°C</i>	149	6,38
<i>30°C</i>	146	6,48
<i>35°C</i>	144	6,57
<i>40°C</i>	142	6,66
<i>45°C</i>	141	6,75
<i>50°C</i>	139	6,83

TABLA 58: Tabla tendido. Vano 10

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 11

APOYOS: 11-12

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
-5 °C	284	0,59
0°C	257	0,65
5°C	233	0,72
10°C	212	0,79
15°C	193	0,87
20°C	178	0,94
25°C	164	1,02
30°C	153	1,09
35°C	143	1,17
40°C	135	1,24
45°C	128	1,31
50°C	121	1,38

TABLA 59: Tabla tendido. Vano 11

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 12

APOYOS: 12-13

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	94	3,64
<i>0°C</i>	92	3,7
<i>5°C</i>	91	3,76
<i>10°C</i>	89	3,81
<i>15°C</i>	88	3,87
<i>20°C</i>	87	3,93
<i>25°C</i>	86	3,98
<i>30°C</i>	85	4,04
<i>35°C</i>	83	4,09
<i>40°C</i>	82	4,14
<i>45°C</i>	81	4,19
<i>50°C</i>	80	4,25

TABLA 60: Tabla tendido. Vano 12

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 13

APOYOS: 13-14

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	99	2,46
<i>0°C</i>	97	2,52
<i>5°C</i>	94	2,58
<i>10°C</i>	92	2,64
<i>15°C</i>	90	2,7
<i>20°C</i>	88	2,75
<i>25°C</i>	87	2,81
<i>30°C</i>	85	2,86
<i>35°C</i>	84	2,92
<i>40°C</i>	82	2,97
<i>45°C</i>	81	3,02
<i>50°C</i>	79	3,07

TABLA 61: Tabla tendido. Vano 13

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 14

APOYOS: 14-15

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	87	10,38
<i>0°C</i>	86	10,44
<i>5°C</i>	86	10,5
<i>10°C</i>	85	10,55
<i>15°C</i>	85	10,61
<i>20°C</i>	85	10,66
<i>25°C</i>	84	10,72
<i>30°C</i>	84	10,78
<i>35°C</i>	83	10,83
<i>40°C</i>	83	10,88
<i>45°C</i>	82	10,94
<i>50°C</i>	82	10,99

TABLA 62: Tabla tendido. Vano 14

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 15

APOYOS: 15-16

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	95	3,31
<i>0°C</i>	93	3,37
<i>5°C</i>	92	3,42
<i>10°C</i>	90	3,48
<i>15°C</i>	89	3,54
<i>20°C</i>	87	3,59
<i>25°C</i>	86	3,65
<i>30°C</i>	85	3,7
<i>35°C</i>	83	3,76
<i>40°C</i>	82	3,81
<i>45°C</i>	81	3,86
<i>50°C</i>	80	3,91

TABLA 63: Tabla tendido. Vano 15

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 16

APOYOS: 16-17

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	215	1,44
<i>0°C</i>	202	1,54
<i>5°C</i>	190	1,63
<i>10°C</i>	180	1,72
<i>15°C</i>	171	1,81
<i>20°C</i>	163	1,9
<i>25°C</i>	156	1,99
<i>30°C</i>	150	2,07
<i>35°C</i>	144	2,16
<i>40°C</i>	139	2,24
<i>45°C</i>	134	2,32
<i>50°C</i>	130	2,39

TABLA 64: Tabla tendido. Vano 16

TABLA 2: TABLA DE TENDIDO

LÍNEA: LÍNEA ELECTRICA AÉREA DE M.T. DE 20 KV D/C PARA REBOMBEO EN EL PARAJE “EL TOSCON”. CARCHELEJO. JAÉN.

ZONA: B

CANTÓN: 17

APOYOS: 17-18

CONDUCTOR: LA-56

Temperatura	Tensión (kg)	Flecha (m)
<i>-5 °C</i>	244	0,95
<i>0°C</i>	225	1,03
<i>5°C</i>	208	1,11
<i>10°C</i>	193	1,2
<i>15°C</i>	180	1,28
<i>20°C</i>	169	1,37
<i>25°C</i>	159	1,45
<i>30°C</i>	151	1,53
<i>35°C</i>	144	1,61
<i>40°C</i>	137	1,69
<i>45°C</i>	131	1,76
<i>50°C</i>	126	1,84

TABLA 65: Tabla tendido. Vano 17

2.1.2.7 SEPARACIÓN DE CONDUCTORES ENTRE SÍ

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Para calcular dicha distancia aplicamos la expresión que nos da el reglamento en su punto: 5.4.1

$$D = k\sqrt{F + L} + K'.D_{pp}$$

Donde: D = Separación entre conductores del mismo circuito.

K = Coeficiente dependiente de la oscilación de los conductores con el viento y que viene fijado por la siguiente tabla:

Ángulo de oscilación	Valor de K
Superior a 65°	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,6
Inferior a 40°	0,55

TABLA 66: Tabla 16 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Coeficiente de K en función del ángulo de oscilación

En este caso, el ángulo que forma el viento con el peso propio y la sobrecarga de hielo es de 71,64°, como fue calculado en el punto 2.1.2.3 apartado “c” por lo que el valor de K será de 0,65.

K' = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea, en nuestro caso K' = 0,75.

F = flecha máxima en metros para las hipótesis de viento, hielo y temperatura.

L = longitud en metros de la cadena de suspensión, en este caso, por ser todos los apoyos de amarre, L = 0.

D_{pp} = Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores son indicados en el punto 5.2. del R.L.A.T. En este caso, nos da un valor de: 0,25

De esta forma, obtenemos los diferentes valores de D, que se muestran en la siguiente tabla, en función de las flechas máximas (F).

Vano	Zona	Long Vano (m)	Desnivel de Conductores (m)	Flecha max (m)	Separación de los conductores (D)
1-2	B	316	-12,45	19,24	3,016
2-3	B	121	43,09	3,05	1,3
3-4	B	94	10,97	1,91	1,06
4-5	B	99	21,26	2,12	1,11
5-6	B	68	21,04	1,09	0,84
6-7	B	63	18,59	0,95	0,79
7-8	B	112	46,21	2,63	1,21
8-9	B	95	21,38	1,94	1,07
9-10	B	78	21,39	1,37	0,92
10-11	B	186	-20,08	6,83	1,86
11-12	B	78	44,12	1,38	0,92
12-13	C	112	22,05	4,29	1,51
13-14	C	94	0,4	3,1	1,3
14-15	C	181	-13,08	11,05	2,32
15-16	C	107	-20,29	3,95	1,45
16-17	B	106	-40,97	2,39	1,16
17-18	B	92	-48,1	1,84	1,04

TABLA 67: Separación de los conductores entre sí

2.1.2.8 DISTANCIAS AL TERRENO, CAMINOS, SENDAS Y A CURSOS DE AGUA NO NAVEGABLES

a) Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo queden situados por encima de cualquier punto del terreno. Dicha altura, como mínimo ha de ser de 7 m por transcurrir la línea por zonas de explotación agrícola.

Utilizando la siguiente expresión, calculamos la altura reglamentaria:

$$D_{\text{mínima}} = 5,3 + D_{el}$$

Donde: D_{el} = Dado por el reglamento en función de la tensión más elevada de la línea. Para este caso su valor es de: 0,18

El valor de distancia mínima es de 5,48m por lo que aplicamos la altura de 7 metros que es más restrictiva, cumpliendo de esta forma con el artículo 5.5 del R.L.A.T.

b) Distancias de los conductores a carreteras.

La altura mínima que deben mantener los conductores sobre la rasante de la carretera o camino será de:

$$D_{\text{mínima}} = 6,3 + D_{el}$$

Donde: D_{el} = Dado por el R.L.A.T en su punto 5.3 en función de la tensión más elevada de la línea. Para este caso su valor es de: 0,18.

El valor de distancia mínima es de 6,48m por lo que aplicamos la altura de 7 metros que es más restrictiva, cumpliendo de esta forma con el artículo 5.7.1 del R.L.A.T.

c) Distancias de los conductores a ríos y canales, navegables o flotantes.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la altura mínima que deben mantener los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que puede alcanzar esta será de:

$$D_{\text{mínima}} = G + 2,3 + D_{el}$$

Donde: $D_{\text{mínima}}$ = Altura entre los conductores y río o canal en metros.

D_{el} = Dado por el R.L.A.T en su punto 5.3 en función de la tensión más elevada de la línea. Para este caso su valor es de: 0,18.

G = Gálibo, en el caso de que no exista gálibo definido, se considerará este igual a 4,7 metros.

Siendo el valor de la distancia mínima de 7,18 metros.

d) Distancia a edificios, construcciones y zonas urbanas

La línea tratada transcurre por encima de una cortijada. Atendiendo al R.L.A.T. Las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, será la siguiente, al tratarse de un punto accesible a las personas:

$$D_{\text{mínima}} = 5,5 + D_{el}$$

Donde: $D_{\text{mínima}}$ = Altura entre los conductores y construcciones en metros.

D_{el} = Dado por el R.L.A.T en su punto 5.3 en función de la tensión más elevada de la línea. Para este caso su valor es de: 0,18.

La distancia mínima es de 5,68 que es inferior a la distancia mínima de 6 metros fijada en el reglamento y que se debe de tomar para este punto.

2.1.2.9 ALTURA DE LOS APOYOS

La altura de los apoyos viene dada por:

$$H = h + f_{\text{máx}} + l$$

Donde: H = Altura total del apoyo.

h = Distancia del conductor inferior al suelo. Esta está calculada en el punto anterior y tiene un valor de 7m.

$f_{\text{máx}}$ = Flecha máxima.

l = longitud de la cadena de suspensión. En nuestro caso este dato tiene valor 0 por ser todos los apoyos de amarre.

Teniendo en cuenta dicha fórmula y el perfil de la línea, la altura de los apoyos queda de la siguiente forma:

Número apoyo	Función apoyo	Altura útil cruceta (m)
1	Inicio de línea	16
2	Ángulo-Amarre	18
3	Ángulo-Amarre	20
4	Ángulo-Amarre	16
5	Ángulo-Amarre	18
6	Ángulo-Amarre	18
7	Ángulo-Amarre	20
8	Ángulo-Amarre	20
9	Ángulo-Amarre	18
10	Ángulo-Amarre	20
11	Ángulo-Amarre	20
12	Ángulo-Amarre	20
13	Ángulo-Amarre	20
14	Amarre	20
15	Ángulo-Amarre	20
16	Amarre	22
17	Ángulo-Amarre	20
18	Fin de línea	18

TABLA 68: Altura útil de los apoyos

2.1.2.10 CÁLCULO MECÁNICO DE LOS APOYOS

Los apoyos estarán sometidos en todo momento a esfuerzos horizontales, verticales y de torsión que dependen de la tensión mecánica transmitida por los conductores así como de otros factores como la longitud de los vanos, los desniveles del terreno, la función del apoyo, etc.

Para dimensionar correctamente las estructuras en función de la situación que se deba soportar se realiza a continuación el cálculo mecánico de los apoyos, que se basa en obtener los valores de los esfuerzos mínimos que deberá soportar cada apoyo.

2.1.2.10.1 HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Las hipótesis que se han tenido en cuenta en el cálculo de los apoyos vendrán definidas según el tipo de apoyo y para una línea localizada en zona B y C, son las siguientes:

TIPO DE APOYO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS (Hielo)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
ALINEACIÓN	Cargas permanentes Viento Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Desequilibrio de tracciones Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Rotura del fiador Temperatura según zona
ÁNGULO	Cargas permanentes Viento Resultante de ángulo Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Resultante de ángulo Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Desequilibrio de tracciones Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Rotura del fiador Temperatura según zona

TIPO DE APOYO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS (Hielo)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
ANCLAJE	Cargas permanentes Viento Temperatura según zona	Cargas permanentes Viento Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Desequilibrio de tracciones Temperatura según zona	Cargas permanentes Hielo según zona Rotura del fiador Temperatura según zona
FIN DE LÍNEA	Cargas permanentes Viento Desequilibrio de tracciones Temperatura según zona	Cargas permanentes Viento Desequilibrio de tracciones Temperatura según zona		Cargas permanentes Hielo según zona Rotura del fiador Temperatura según zona

TABLA 69: Tabla 8 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Hipótesis de cálculos para apoyos de líneas situadas en zonas B y C

Al ser la línea de estudio de tercera categoría y atendiendo al punto 3.5.3 del Reglamento de líneas aéreas de alta tensión. Podemos prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Los coeficientes de seguridad elegidos para cada hipótesis en función del tipo de apoyo, se definen a continuación teniendo en cuenta las indicaciones del artículo 3.5.4 de reglamento.

TIPO DE APOYO	HIPÓTESIS NORMALES	HIPÓTESIS ANORMALES
Alineación	1 ^a , 2 ^a	3 ^a , 4 ^a
Ángulo	1 ^a , 2 ^a	3 ^a , 4 ^a
Anclaje	1 ^a , 2 ^a	3 ^a , 4 ^a
Fin de línea	1 ^a , 2 ^a	4 ^a
Coef. de seguridad	≥1,5	≥1,2

TABLA 70: Tabla 9 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo

2.1.2.10.2 TÉRMINOS A TENER EN CONSIDERACIÓN

A la hora de realizar los cálculos mecánicos de los apoyos, se ha tenido en cuenta ciertos aspectos que influyen en los valores de esfuerzos verticales, horizontales, longitudinales y de torsión. A continuación se han definido y calculado dichos aspectos con el fin de utilizarlos posteriormente en los cálculos de esfuerzos para cada apoyo y situación determinada.

Eolovano

Se define como el vano máximo en función del viento transversal y su valor se obtiene de la siguiente expresión:

$$E_o = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Donde: L_1 = Vano anterior al apoyo que es apoyo de estudio (metros)

L_2 = Vano posterior al apoyo que es apoyo de estudio (metros)

Desniveles

Los desniveles N del terreno se definen como la diferencia de pendientes que existe entre los puntos más altos de los apoyos anteriores y posteriores al apoyo que es objeto de estudio.

El valor del desnivel N para cada apoyo se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$N = tg \alpha_1 + tg \alpha_2 = \frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

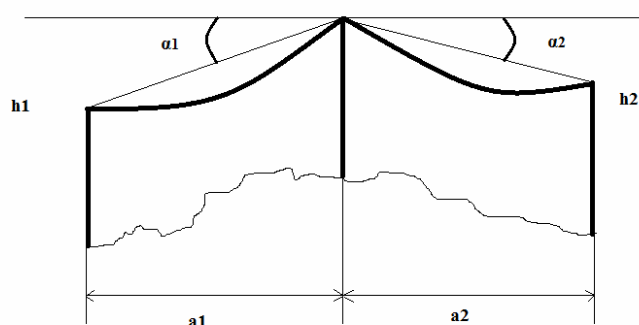


FIGURA 7: Esquema para el cálculo de desniveles

Gravivano

El gravivano es la longitud de estudio que hay que considerar para determinar la acción del peso que los cables de transmiten al soporte. Dicha longitud viene calculada por la distancia horizontal que hay entre los vértices de las catenarias de los vanos contiguos al soporte, según la siguiente expresión:

$$G_0 = E_0 + C.N$$

Donde: E_0 = Eolovano (metros)

N = Desnivel

C = Constante de desnivel

Para el cálculo particular de cada uno de los 18 apoyos que conforman la línea eléctrica que es objeto de estudio, los valores de los términos anteriormente descritos serán distintos, ya que, tanto sus vanos como sus desniveles son particulares para cada caso. Además de dichos términos particulares, también hay que tener en cuenta los siguientes términos generales que intervienen en las ecuaciones generales de los cálculos de esfuerzos:

Pesos y sobrecargas

Peso propio (P_c)	0,1891 kg/m	
Sobrecarga por hielo (P_h)	Zona B	Zona C
	0,553 kg/m	1,16 kg/m
Sobrecarga por viento (P_v)	0,57 kg/m	

TABLA 71: Pesos y sobrecargas

Peso de la cadena de amarre

Horquilla Bola en “V” HB-11	0,3 kg
Rótula R-11	0,3 kg
Grapa de amarre GA1	0,45 kg
3 aisladores	4,95 kg

TABLA 72: Pesos de la cadena de amarre

$$P_{\text{cadena de suspensión}} = 6 \text{ kg}$$

Tracción máxima admisible

Definida en el apartado 2.1.2.4 del Capítulo 2: Cálculos justificativos, como la tensión mecánica máxima que deberá exigirse, según el artículo 3.2.1 del reglamento, al conductor en las condiciones e hipótesis más desfavorables que se puedan plantear. Esta tensión sirve de referencia para el resto de tensiones mecánicas, y toma el siguiente valor:

$$T_{\text{max}} = 555,33 \text{ kg (-15°C, Sobrecarga de viento)}$$

Tensión máxima por viento

Definida en el apartado 2.1.2.4 del Capítulo 2: Cálculos justificativos, se considera que el conductor está sometido a la acción de su propio peso y a la sobrecarga por viento, a una temperatura de -10 °C para la zona B y de -15 °C para la zona C basándonos en el apartado 4.4.3 del R.L.A.T.

Constante de desnivel

Necesario para definir el valor exacto del gravivano, su valor oscila entre siguientes valores dependiendo de la zona en la que se encuentre:

$$C_{H_B} = \frac{T_{\text{máx}}}{P_{1_B}} = \frac{555,33\text{kg}}{0,742\text{kg/m}} = 748,42\text{m}$$

$$C_{H_C} = \frac{T_{\text{máx}}}{P_{1_C}} = \frac{555,33\text{kg}}{1,295\text{kg/m}} = 428,88\text{m}$$

$$C_V = \frac{T_{\text{máx}}}{P_2} = \frac{555,33\text{kg}}{0,6\text{kg/m}} = 925,55\text{m}$$

Calculamos el valor medio entre C_H y C_V para cada zona:

Constante para la zona B

$$C = 837 \text{ m}$$

Constante para la zona C

$$C = 677,2 \text{ m}$$

A continuación se realizan los cálculos mecánicos para cada tipo de apoyo en función de los términos anteriores y para cada tipo de hipótesis planteada. De esta manera se podrá definir justificadamente el tipo de apoyo elegido.

2.1.2.10.3 CÁLCULO DE LOS APOYOS

Es un estudio particular para cada uno de ellos, debido a las condiciones del terreno y la longitud de los vanos.

Se plantean a continuación las hipótesis a considerar y junto con ellas las ecuaciones a partir de las cuales se obtienen los esfuerzos máximos por fase a los que se ve sometido el apoyo.

2.1.2.10.3.1 APOYOS DE AMARRE

Fórmulas para el cálculo de esfuerzo por fase en apoyos de amarre:

$$\text{Eolovano: } E_0 = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$$\text{Desnivel: } N = tg \alpha_1 + tg \alpha_2 = \frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$\text{Graciano: } G_0 = E_0 + C.N$$

1ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_1 = 0,5 \cdot T_{\text{máx}}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}}$$

Obtenemos los siguientes valores por fase para cada apoyo que nos permitirán, a partir de ellos calcular los esfuerzos equivalentes totales para seleccionar el tipo de apoyo.

Apoyo nº 141ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 57 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 125 + 22 = 147 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 267$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 171ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 66 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 397 + 6 = 403 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 190$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

2.1.2.10.3.2 APOYOS DE ÁNGULO-AMARRE

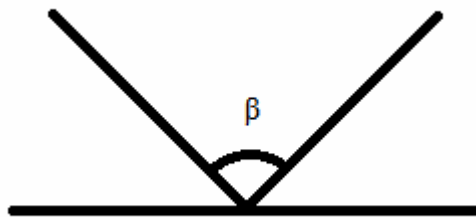
Fórmulas para el cálculo de esfuerzo por fase en apoyos de ángulo-amarre:

$$\text{Eolovano: } E_0 = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$$\text{Desnivel: } N = tg \alpha_1 + tg \alpha_2 = \frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$\text{Graciano: } G_0 = E_0 + C.N$$

Tal que: $\alpha = (180^\circ - \beta)$



1ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2)$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_1 = 0,5 \cdot T_{\text{máx}}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}}$$

Obtenemos los siguientes valores por fase para cada apoyo que nos permitirán, a partir de ellos seleccionar el tipo de apoyo.

Apoyo nº 21ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 10 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 371 + 27 = 398 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = -12 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 707 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 31ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 80 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 284 + 10 = 294 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 248 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 210 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 41ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 27 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 398 + 3 = 301 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 49 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 354 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 51ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 24 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 279 + 15 = 294 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 40 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 219 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 61ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 37 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 278 + 3 = 281 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 86 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 227 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 71ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 25 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 527 + 25 = 552 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 34 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 508 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 81ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 72 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 362 + 7 = 369 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 217 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 304 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 91ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 32 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 511 + 9 = 520 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 68 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 493 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 101ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 109 \text{ kg}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 516 + 36 = 552 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 348 \text{ kg}$$

$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 477 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº111ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = -53 \text{ kg}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 344 - 31 = 313 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = -239 \text{ kg}$$

$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 261 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº121ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 113 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 345 + 198 = 543 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 355 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 292 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº131ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 61 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 222 + 10 = 232 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 282 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \sin(\alpha/2) = 236 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 151ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 63 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 432 + 26 = 458 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 300 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 651 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº 161ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 86 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 108 + 195 = 303 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 265 \text{ kg}$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 217 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº171ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 66 \text{ kg}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 397 + 6 = 403 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 190 \text{ kg}$$

$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 346 \text{ kg}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}} = 277,66 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

2.1.2.10.3.3 APOYOS DE INICIO Y FIN DE LÍNEA

Fórmulas para el cálculo de esfuerzo por fase en apoyos de ángulo-amarre:

$$\text{Eolovano: } E_0 = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$$\text{Desnivel: } N = tg \alpha_1 + tg \alpha_2 = \frac{h_0 - h_1}{a_1} + \frac{h_0 - h_2}{a_2}$$

$$\text{Graciano: } G_0 = E_0 + C.N$$

1ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}}$$

3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones

$$E_l = 0,5 \cdot T_{\text{máx}}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}}$$

Apoyo nº1. Inicio de línea1ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 51 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 120 + 454 = 574 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = 166$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 560 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

Apoyo nº18. Fin de línea.1ª hipótesis: Sobrecarga de viento

$$E_v = P_C \cdot G_0 + H_3 \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = -59 \text{ kg}$$
$$E_h = E_{\text{transversal}} + E_{\text{longitudinal}} = 52 + 478 = 530 \text{ kg}$$

2ª hipótesis: Sobrecarga de hielo

$$E_v = P_C + G_0 + T_{\text{máx}} \cdot N + P_{\text{cad. amarre}} = -239$$
$$E_h = 2 \cdot T_{\text{máx}} \cdot \text{sen}(\alpha/2) = 560 \text{ kg}$$

4ª hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_{\text{máx}} = 555,33 \text{ kg}$$

2.1.2.11 ELECCIÓN DE APOYOS

Se realizará la elección de los apoyos atendiendo a los cálculos realizados anteriormente. Se utilizarán apoyos de la casa IMEDEXSA (serie S), de tipo metálico de celosía de sección cuadrada, fabricados con perfiles angulares.

Lógicamente se han tenido en cuenta tanto las distancias como los esfuerzos que debe soportar cada apoyo.

De esta manera los apoyos escogidos se presentan en la siguiente tabla:

Número apoyo	Función apoyo	Tipo cruceta	Torre seleccionada	Modelo
1	Inicio de línea	S	C-2000	C-2000-16
2	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-18
3	Ángulo-Amarre	S	C-1000	C-1000-20
4	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-16
5	Ángulo-Amarre	S	C-1000	C-1000-18
6	Ángulo-Amarre	S	C-1000	C-1000-18
7	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
8	Ángulo-Amarre	S	C-1000	C-1000-20
9	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-18
10	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
11	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
12	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
13	Ángulo-Amarre	S	C-1000	C-1000-20
14	Amarre	S	C-500	C-500-20
15	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
16	Amarre	S	C-1000	C-1000-22
17	Ángulo-Amarre	S	C-2000	C-2000-20
18	Fin de línea	S	C-2000	C-2000-18

TABLA 73: Modelos de apoyos usados

2.1.2.12 CÁLCULO DE LAS CIMENTACIONES

Para los tipos de apoyos a utilizar en nuestro proyecto las cimentaciones deberán ser cimentaciones monobloque.

Para este tipo de cimentaciones se considerará el caso más desfavorable que pueda presentar nuestro terreno, basándonos en las recomendaciones de la tabla 10 del punto 3.6.5 del R.L.A.T.

El terreno por el que transcurre la línea aérea posee un sustrato arcilloso semiduro, que presenta las siguientes características:

Carga admisible del terreno	2 daN/cm ²
Coefficiente de compresibilidad	8 N/ cm ³
Ángulo del talud natural	20°
Peso específico aparente del terreno	1,80 Tn/ m ³

TABLA 74: Tabla 10 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones

Para elegir la cimentación adecuada, nos remitiremos a la tabla facilitada por el fabricante de los apoyos, que ha sido calculada por medio de la ecuación de Sluzberg y gracias a la cual se obtienen las dimensiones que deben tener las cimentaciones para asegurar un factor de seguridad por encima de 1,5 según el punto 3.6.1 del R.L.A.T.

Las dimensiones y características de la cimentación monobloque será la siguiente:

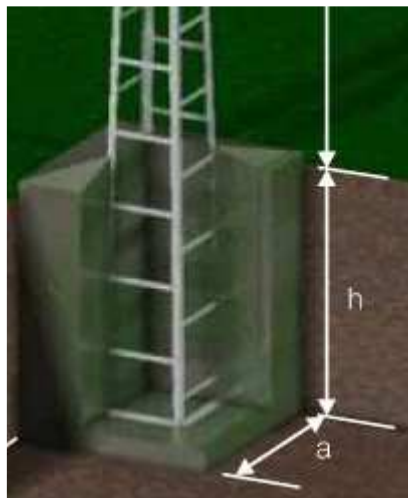


FIGURA 8: Esquema de la excavación para la colocación del apoyo

Número apoyo	Modelo	Dimensiones		Vol.Excav. m ³
		a	h	
1	C-2000-16	1,13	2,26	2,89
2	C-2000-18	1,22	2,29	3,41
3	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
4	C-2000-16	1,13	2,26	2,89
5	C-1000-18	1,15	1,98	2,62
6	C-1000-18	1,15	1,98	2,62
7	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
8	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
9	C-2000-18	1,22	2,29	3,41
10	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
11	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
12	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
13	C-1000-20	1,22	2,01	2,99
14	C-500-20	1,22	1,74	2,59
15	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
16	C-1000-22	1,31	2,03	3,48
17	C-2000-20	1,31	2,32	3,98
18	C-2000-18	1,22	2,29	3,41

TABLA 75: Dimensiones de la excavación monobloque

2.1.2.13 CÁLCULO MECÁNICO DE LOS HERRAJES

2.1.2.13.1 CASOS GENERALES

Herrajes

A continuación se comprueba que los herrajes que son necesarios para este proyecto cumplen con las exigencias de seguridad que establece el R.L.A.T. Para ello nos basamos en su artículo 4.6 por el cual los herrajes sometidos a tensión mecánica, deberán tener un coeficiente de seguridad igual o superior a 3 respecto a su carga mínima de rotura (C.R.).

Teniendo en cuenta que la tracción máxima admisible del conductor tiene un valor de 5,44 kN se pueden obtener los Coeficientes de Seguridad (C.S.), para cada tipo de herraje

Herrajes cadena de amarre	C.R.	C.S.
- Horquilla de Bola en "V" HB-11	60 kN	11,02
- Rótula R-11	60 kN	11,02
- Grapa de amarre GA1	35 kN	6,43

TABLA 76: Carga de rotura y coeficiente de seguridad de los herrajes

Al igual el artículo 4.6 del RLAT, exige que las grapas de amarre del fiador deberán soportar, como mínimo el 90% de la carga de rotura del cable de fase, sin que se produzca su deslizamiento.

$$C.R._{herraje} > 0,9 \cdot C.R._{cable} = 0,9 \cdot 16660 \text{ kN} = 15 \text{ kN}$$

Cumpliendo el requisito impuesto por el reglamento en su artículo 4.6

Aisladores

El artículo 3.4 del R.L.A.T. exige que las cadenas de aisladores, y por tanto cada uno de sus platos, deberán tener un coeficiente de seguridad no inferior a 3.

El aislador elegido es el SGD la Granja E-40-100. Tiene una carga de rotura mínima de 100 kN.

El coeficiente de seguridad es de:

$$C.S._{aislador} = \frac{100kN}{5,44kN} = 18,38$$

Cumpliendo el requisito impuesto por el reglamento en su artículo 3.4

Cadena de aisladores

Teniendo en cuenta los coeficientes de seguridad que aportan tanto los herrajes como los aisladores, se comprueba satisfactoriamente que el conjunto, es decir, la cadena de aisladores, satisface los requisitos de seguridad.

2.2 LÍNEA SUBTERRANEA

El nuevo CT se instalará en la nueva red de Media Tensión en estudio en el citado paraje. Su distribución y colocación puede apreciarse en el capítulo: Planos.

2.2.1 CÁLCULOS MECÁNICOS

Para la instalación de los conductores en ningún momento la tracción máxima sobre los mismos para su tendido será mayor de 4.500 Newton, que viene dado por la expresión:

$$F = 30 S$$

Donde: F = Fuerza en newton

S = suma de las secciones de los conductores que forman el cable expresados en mm².

La velocidad del tendido no superará nunca los 5 m/s.

También, en ningún momento se forzarán a los conductores a tener un radio menor de curvatura de 477 mm. expresado por:

$$R_{\min} = 15 D$$

D = Diámetro exterior del conductor

2.2.2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.2.2.1 CAÍDA DE TENSIÓN

La ecuación a aplicar para el cálculo de la caída de tensión, será la de líneas trifásicas con reactancia despreciable y carga inductiva, puesto que la autoinducción de la línea subterránea es de 3 mH. También podemos despreciar la capacidad de la línea subterránea ya que esta toma el valor de 4,7 pF. Debido a su corta longitud. Por lo que la caída de tensión entre fases se calculará con la siguiente expresión:

$$e = \sqrt{3} I R L \cos \varphi$$

Donde: I = Intensidad de la línea

R = Resistencia de los conductores = 0,206 Ω /km.

L = longitud de la línea.

Cos φ = factor de potencia. Se estimará en 0,8.

e = caída de tensión entre fases.

Por lo que la caída de tensión será de 82 V. Un 0,41% de la tensión de la línea, lo que es totalmente despreciable.

2.2.2.2 INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Para comprobar cual es la I_{\max} admisible que soporta el conductor usaremos las tablas del fabricante de conductores, cuyas corrientes y coeficientes, se adaptan a UNE 21144 e CEI 287.

Dichas tablas dan valores para temperaturas máximas a, una temperatura del terreno de 25°C y 100 cm de profundidad y una resistencia térmica de 100 cm/W.

En nuestro caso para 150 mm², 3 cables unipolares agrupados a 1,2 m y tensión 20 kV y admite una intensidad en servicio permanente de 315 A.

Aplicando coeficiente reductor 0,8 por tratarse de cable entubado, tendremos una intensidad máxima:

$$I_{\max} = 315 \cdot 0,8 = 252 \text{ A.}$$

Que como puede comprobarse resulta muy superior a la corriente máxima a transportar.

Intensidad máxima admisible en cortocircuito

La corriente máxima admisible en cortocircuito, se puede deducir de las tablas del fabricante, pero calcularemos la corriente térmicamente admisible del conductor en cortocircuito, en función de la temperatura de servicio y sobreelevación de la misma. Así podremos verificar si la sección elegida es suficiente para soportar dicha corriente, la expresión para su cálculo es:

$$I_{cc} = \frac{K S}{\sqrt{t}}$$

Donde: K = coeficiente que depende del fabricante del conductor

S = Sección del conductor en mm.

T = tiempo de duración de cortocircuito = 1 s.

Sabiendo que los conductores son aluminio y se hallan inicialmente a la temperatura máxima de régimen y alcance al final del cortocircuito admisible, interpretando las tablas del fabricante obtenemos que:

$$I_{cc} = 21,1 \text{ kA}$$

Que como se esperaba la corriente de cortocircuito en A.T.= 14,4 kA. suministrada por la compañía es menor que la I_{cc} máxima admisible.

2.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.3.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3} V_p}$$

Donde: S_n = potencia de transformador en Kva

V_p = tensión primaria en kV

I_p = intensidad primaria en A

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV. Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 800 kVA.

$$I_p = 23,09 \text{ A.}$$

2.3.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3} V_s}$$

Donde: S_n = potencia de transformador en kVA

V_s = tensión secundaria en kV

I_s = intensidad primaria en A

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 800 kVA, y la tensión secundaria es de 400 V.

$$I_s = 1.15 \text{ A.}$$

2.3.3 CORTOCIRCUITO

2.3.3.1 OBSERVACIONES

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito, se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de Media Tensión, valor especificado por la Compañía suministradora.

2.3.3.2 CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} V_p}$$

Donde: S_{cc} = potencia de cortocircuito de la red en MVA

V_p = tensión de servicio en kv.

I_{ccp} = corriente de cortocircuito en kA.

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito secundaria de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 S_n}{\sqrt{3} E_{cc} V_s}$$

Donde: S_n = potencia de transformador en kVA.

E_{cc} = tensión de cc del transformador en %

V_s = tensión secundaria en V

I_{ccs} = corriente de cortocircuito en kA.

2.3.3.3 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE ALTA TENSIÓN

Utilizando la expresión anterior en la que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA, la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{ccp} = 14.45 \text{ kA.}$$

2.3.3.4 CORTOCIRCUITO EN EL LADO DE BAJA TENSIÓN

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 800 kVA, la tensión porcentual de cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 400 V. La intensidad de cortocircuito en el lado de Baja Tensión con 400 V será:

$$I_{ccs} = 28,9 \text{ kA.}$$

2.3.4 DIMENSIONES DEL EMBARRADO

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de las celdas.

2.3.4.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material del embarrado. Esto, además de mediante cálculo teóricos, puede comprobarse realizando en ensayo de intensidad nominal, que

con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad de bucle, que en este caso es de 400 A.

Para las celdas de sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101910 realizado por los laboratorios ORMAZABAL

2.3.4.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA.

Las intensidades dinámicas de cortocircuito se valoran en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado anterior de este capítulo, por lo que:

$$I_{\text{ccs(din)}} = 2,5 \cdot 11,56 = 28,9 \text{ kA.}$$

Para las celdas de sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 642-93 realizado por los laboratorios KEMA de Holanda.

2.3.4.3 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICAS

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la celda por efecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{\text{ccs(ter)}} = 11,5 \text{ kA.}$$

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 642-93 realizado por los laboratorios KEMA de Holanda.

2.3.5 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA

Los Transformadores están protegidos tanto en AT como en BT. En Alta Tensión la protección la efectúa las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección de este elemento se realizará por medio de una celda de interruptor automático, que proporciona todas la protecciones al transformador, bien sea ante sobrecargas, faltas a tierra o cortocircuitos, gracias a la presencia de un relé de protección. En caso contrario, se utilizan únicamente como elemento de maniobra de la red.

El interruptor automático posee capacidad de corte tanto para las corrientes nominales, como para los cortocircuitos antes calculados.

La salidas de Baja Tensión cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida, y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente.

2.3.6 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en le edificio del Centro de Transformación, se utiliza la expresión:

$$S_r = \frac{W_{fe} W_{cu}}{0,24 K \sqrt{H \Delta t^3}}$$

Donde: W_{cu} = pérdidas en el cobre de transformador .

W_{fe} = pérdidas en el hierro del transformador.

K = coef. función forma de rejillas de entrada.

H = Dist. Vertical entre las rejillas de entrada y salida.

ΔT = aumento de temperatura de aire, consideramos en este caso un valor de 15°C

S_r = superficie mínima de las rejillas de entrada

Sustituyendo valores obtenemos:

Potencia del transformador (kVA)	Pérdidas $W_{cu} + W_{fe}$ (kW)	Sr mínima (m ²)
800	5,53	0,66

TABLA 77: Dimensiones de la ventilación del Centro de Transformación

De esta manera se dispondrá para el transformador de una rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte inferior de dimensiones 960 x 700 mm, consiguiendo así una superficie de ventilación para el transformador de 0,672 m². Para la evacuación del aire se dispondrá de una rejilla posterior superior de 1300 x 350 mm y una rejilla lateral superior de 960 x 350 mm, consiguiendo una superficie total de evacuación de 0,8 m². Las rejillas de entrada y salida del aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia medida verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2m, tal como se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

2.3.7 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS

Las cubas o fosas colectores de los edificios independientes destinados a Centros de Transformación pueden dimensionarse para no recoger en su totalidad el aceite de los transformadores, siempre y cuando no se puedan contaminar cauces superficiales o subterráneos, y la tierra contaminada pueda retirarse. Por otra parte, se podrán suprimir siempre que la cantidad de líquido aislante sea inferior a los 1.000 litros.

En este caso, el transformador tiene una cantidad de aceite de 450 litros. La capacidad de recogida del foso que nos ocupa es mayor que esta cantidad.

2.3.8 CÁLCULO DE LA INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

2.3.8.1 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

El RAT indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito inferior o igual a 16 kA es posible estimar la resistividad del terreno, siendo necesario medirla para corriente superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en $150 \Omega \cdot m$.

2.3.8.2 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO.

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora, el tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 78,5 \text{ y } n = 0,18.$$

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:

$$R_n = 40 \Omega \text{ y } X_n = 0 \Omega.$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Transformación sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$I_d = \frac{V_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde: V_n = Tensión de servicio en V

R_n = Resistencia de puesta a tierra del neutro en Ω

R_t = Resistencia total de puesta a tierra en Ω .

X_n = Reactancia de puesta a tierra del neutro en Ω

I_d = Intensidad máxima de defecto en A

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 214 \text{ A.}$$

2.3.8.3 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

2.3.8.3.1 TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "*Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría*", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

Identificación: código **40-40/5/42** del método de cálculo de tierras de UNESA.

Parámetros característicos:

$$K_r = 0.092 \text{ } \Omega/(\Omega \text{ m}).$$

$$K_p = 0.021 \text{ V}/(\Omega \text{ m A}).$$

Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 11 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

2.3.8.3.2 TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

Identificación: código **5/32** del método de cálculo de tierras de UNESA.

Parámetros característicos:

$$K_r = 0.135 \text{ } \Omega/(\Omega \text{ m}).$$

$$K_p = 0.0252 \text{ V}/(\Omega \text{ m A}).$$

Descripción: Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente

será de 3 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 80Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios.

Existirá una separación mínima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

2.3.8.4 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

2.3.8.4.1 TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro, intensidad y tensión de defecto correspondientes, utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \rho$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{V_n}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d R_t$$

Donde: $\rho = 150 \Omega \text{ m}$.

$K_r = 0,092 \Omega/(\Omega \text{ m})$

Obteniendo los siguientes resultados:

$$R_t = 13,8 \, \Omega$$

$$I_d = 214 \, A.$$

$$U_d = 2962 \, V.$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 4.000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por lo tanto no afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos así mismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

2.3.8.4.2 TIERRA DE SERVICIO

$$R_t = K_r \rho = 0,135 \, 150 = 20,3 \, \Omega.$$

Comprobando que es inferior a 37 Ω .

2.3.8.5 CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p \rho I_d = 0,021 \ 150 \ 214 = 676 \text{ V.}$$

2.3.8.6 CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 Ω a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{p \text{ acceso}} = U_d = R_t I_d = 2.962 \text{ V.}$$

2.3.8.7 CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

Tensión de Paso exterior

$$V_p = \frac{10 K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \rho_s}{1.000} \right)$$

Tensión de Paso acceso

$$V_p = \frac{10 K}{t^n} \left(1 + \frac{3 \rho_s + 3 \rho_h}{1.000} \right)$$

Donde: U_p = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 78,5$.

$n = 0,18$.

t = Duración de la falta en segundos: 1 s.

ρ = Resistividad del terreno.

ρ_h = Resistividad del hormigón = 3.000 Ω m.

Obtenemos los siguientes resultados:

$$U_{p \text{ exterior}} = 1.491,5 \text{ V.}$$

$$U_{p \text{ acceso}} = 8.203 \text{ V.}$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:

$$U_p = 809 \text{ V} < U_{p \text{ exterior}} = 1.491 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 2962 \text{ V.} < U_{p \text{ acceso}} = 8.203 \text{ V.}$$

2.3.8.8 INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima D_{\min} , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho I_d}{2 \cdot 1.000 \pi}$$

Obtenemos el valor de la distancia:

$$D_{\min} = 5,12 \text{ metros.}$$

2.3.8.9 CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a la tablas adjuntas al Método de Cálculo de tierras de UNESA, con valores de K inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientes de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de estas picas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



CAPÍTULO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

En este pliego, se especifican todos los requisitos que deben de llevar consigo tanto trabajos como materiales utilizados.

3.1 CONDICIONES GENERALES.

3.1.1 OBJETO

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

3.1.2 CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes subterráneas de alta tensión así como a centros de transformación.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.1.3 DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

3.1.3.1 CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) R.D. 1955/2000
- e) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- f) Real Decreto 3151/1968 de 28 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- g) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Decreto 2413/1973 de 20 de septiembre, B.O.E. nº 242 de fecha 9 de octubre de 1973 y Real Decreto 2295/1985 de 9 de octubre, B.O.E. nº 297 de 12 de diciembre de 1985.
- h) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- i) Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.

3.1.3.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.1.3.3. SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.1.4 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

3.1.4.1 DATOS DE LA OBRA

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización. Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

3.1.4.2 REPLANTEO DE LA OBRA

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

3.1.4.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

3.1.4.4 RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

3.1.4.5 ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

3.1.4.6 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de los dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

3.1.4.7 SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligación respecto al Contratante.

3.1.4.8 PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

3.1.4.9 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

3.1.4.10 PERIODOS DE GARANTÍA

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

3.1.4.11 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

3.1.4.12 PAGO DE OBRAS

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la

liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

3.1.4.13 ABONO DE MATERIALES ACOPIADOS

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

3.1.5 DISPOSICIÓN FINAL

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

3.2 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN

3.2.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de líneas aéreas de 3ª categoría, especificadas en el correspondiente proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de las líneas aéreas de alta tensión hasta 25 kV con apoyos metálicos y de hormigón.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3.2.2 EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.2.2.1 REPLANTEO DE LOS APOYOS

Como referencia para determinar la situación de los ejes de las cimentaciones, se dará a las estaquillas la siguiente disposición:

- a) Una estaquilla para los apoyos de madera.
- b) Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en alineación, aún cuando sean de amarre.
- c) Cinco estaquillas para los apoyos de ángulo; las estaquillas se dispondrán en cruz según las direcciones de las bisectrices del ángulo que forma la línea y la central indicará la proyección vertical del apoyo.

Se deberán tomar todas las medidas con la mayor exactitud, para conseguir que los ejes de las excavaciones se hallen perfectamente situados y evitar que haya necesidad de rasgar las paredes de los hoyos, con el consiguiente aumento en el volumen de la fundación que sería a cargo de la Contrata.

3.2.2.2 APERTURA DE HOYOS

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- **Excavación:** Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

- **Explanación:** Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el apoyo, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones de los fosos para las cimentaciones deberán ejecutarse de tal forma que no queden fosos abiertos a una distancia de más de 3 km. para las líneas con apoyos metálicos y a 1 km. para las líneas de hormigón y madera, por delante del equipo encargado del hormigonado o del equipo de izado de apoyos según queden o no hormigonados los apoyos. En el caso de que, por la naturaleza de la obra, esto no se pueda cumplir, deberá ser consultada la Dirección Técnica. Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas. En el caso de que penetrase agua en fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que circunde el apoyo. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación, prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante, con el fin de que los montantes del apoyo no queden recubiertos de tierra.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de los fosos, su manipulación, almacenaje, transporte, etc., deberá ajustarse en todo a las disposiciones vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajos. En la excavación con empleo de explosivos, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista. Igualmente se cuidará que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

3.2.2.3 TRANSPORTE, ACARREO Y ACOPIO A PIE DE HOYO

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

Los apoyos de hormigón se transportarán en góndolas por carretera hasta el Almacén de Obra y desde este punto con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie del hoyo.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostramiento.

3.2.2.4 CIMENTACIONES

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto. Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/cm². El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm. como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo como vierte-aguas.

Para los apoyos de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm por encima del nivel del suelo, y se les dará una ligera pendiente como vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo, y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

3.2.2.4.1 ARENA

Puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespatos. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará según el ensayo siguiente: De la muestra del árido mezclado se separará con el tamiz de 5 mm 100 cm³ de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio graduado hasta 300 cm³. Una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm³ se agitará fuertemente tapando la boca con la mano; hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8 %.

La proporción de materias orgánicas se determina mezclando 100 cm³ de arena con una solución de sosa al 3 % hasta completar 150 cm³. Después de 24 horas, el líquido deberá quedar sin coloración, o presentar como máximo un color amarillo pálido.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación (en peso):

- 1 parte de cemento
- 3 partes de arena

Esta probeta de mortero conservada en agua durante siete días deberá resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 kg/cm². Toda arena que sin contener materias orgánicas no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada.

En obras de pequeña importancia, se puede emplear el procedimiento siguiente para determinar la calidad de la arena: Se toma un poco de arena y se aprieta con la mano, si es silíceo y limpia debe crujir. La mano ha de quedar, al tirar la arena, limpia de arcilla y barro.

3.2.2.4.2 GRAVA

Podrá proceder de canteras o de graveras de río, y deberá estar limpia de materias extrañas como limo o arcilla, no conteniendo más de un 3 % en volumen de cuerpos extraños inertes.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. Deberá ser de tamaño comprendido entre 2 y 6 cm., no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño.

3.2.2.4.3 CEMENTO

Se empleará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento existentes en el mercado, en envases de papel de 50 kg netos.

En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Prevía autorización de la Dirección Técnica podrán utilizarse cementos especiales, en aquellos casos que lo requieran.

3.2.2.4.4 AGUA

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva. Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

3.2.2.4.5 HORMIGÓN

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m³. La composición normal de la mezcla será:

Cemento: 1

Arena: 3

Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde tronco-cónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura H del montón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

<u>Consistencia</u>	<u>H (cm.)</u>
Seca	30 a 28
Plástica	28 a 20
Blanda	20 a 15
Fluida	15 a 10

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

3.2.2.4.6 EJECUCIÓN DE LAS CIMENTACIONES

La ejecución de las cimentaciones se realizará de acuerdo con el Proyecto.

Los encofrados serán mojados antes de empezar el hormigonado. En tiempos de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, puede proseguirse el hormigonado, tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, paja, etc. Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado, al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua, barriéndola con escobas metálicas y cubriendo después la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido. Los

macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm, como mínimo, en terrenos normales, y 20 cm en terreno de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo, como vierte-aguas. Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir unos 30 cm bajo el nivel del suelo y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

La manera de ejecutar la cimentación será la siguiente:

a) Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado, de 25 cm de espesor, de manera que teniendo el poste un apoyo firme y limpio, se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón.

b) Al día siguiente se colocará sobre él la base del apoyo o el apoyo completo, según el caso, nivelándose cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo, en el primer caso, o bien, se aplomará el apoyo completo, en el segundo caso, inmovilizando dichos apoyos por medio de vientos.

c) Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base o al apoyo una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por los conductores.

d) Después se rellenará de hormigón el foso, o bien se colocará el encofrado en las que sea necesario, vertiendo el hormigón y apisonándolo a continuación.

e) Al día siguiente de hormigonada la fundación, y en caso de que tenga encofrado lateral, se retirará éste y se rellenará de tierra apisonada el hueco existente entre el hormigón y el foso.

f) En los recorridos, se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno. Estos recorridos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.

3.2.2.5 ARMADO E IZADO DE APOYOS

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son el armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y el anclaje, así como el herramental y todos los medios necesarios para esta operación.

Antes del montaje en serie de los apoyos, se deberá realizar un muestreo (de al menos el 10 %), montándose éstos con el fin de comprobar si tienen un error sistemático de construcción que convenga ser corregido por el constructor de los apoyos, con el suficiente tiempo.

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas. Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesiten su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará a la Dirección Técnica.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra. En el caso de rotura de barras y rasgado de taladros, por cualquier causa, el Contratista tiene la obligación de proceder al cambio de los elementos rotos, previa autorización de la Dirección Técnica.

El criterio de montaje del apoyo será el adecuado al tipo del mismo, y una vez instalado dicho apoyo, deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que se le dará una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2 %.

El procedimiento de levante será determinado por la Contrata, el cual deberá contar con la aprobación de la Dirección Técnica. Todas las herramientas que se utilicen en el izado, se hallarán en perfectas condiciones de conservación y serán las adecuadas.

En el montaje e izado de los apoyos, como observancia principal de realización ha de tenerse en cuenta que ningún elemento sea solicitado por esfuerzos capaces de producir deformaciones permanentes.

Los postes metálicos o de hormigón con cimentación, por tratarse de postes pesados, se recomienda que sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

El izado de los apoyos de hormigón sin cimentación se efectuará con medios mecánicos apropiados, no instalándose nunca en terrenos con agua. Para realizar la sujeción del apoyo se colocará en el fondo de la excavación un lecho de piedras.

A continuación se realiza la fijación del apoyo, bien sobre toda la profundidad de la excavación, bien colocando tres coronas de piedra formando cuñas, una en el fondo de la excavación, la segunda a la mitad de la misma y la tercera a 20 cm, aproximadamente, por debajo del nivel del suelo. Entre dichas cuñas se apisonará convenientemente la tierra de excavación.

Una vez terminado el montaje del apoyo, se retirarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores, se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca. Una vez que se haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, se procederá al graneteado de los tornillos, con el fin de impedir que se aflojen.

Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, la Contrata dará aviso para que los apoyos montados sean recepcionados por la Dirección Técnica.

3.2.2.6 PROTECCIÓN DE LAS SUPERFICIES METÁLICAS

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inmersión.

3.2.2.7 TENDIDO, TENSADO Y ENGRAPADO DE LOS CONDUCTORES

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores.
- Tendido de los conductores, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.

Comprende igualmente el suministro de herramental y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

3.2.2.7.1 COLOCACIÓN DE AISLADORES

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado.

Cuando se trate de cadenas de aisladores, se tomarán todas las precauciones para que éstos no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no flexen.

En el caso de aisladores rígidos se fijará el soporte metálico, estando el aislador en posición vertical invertida.

3.2.2.7.2 TENDIDO DE LOS CONDUCTORES

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces en el suelo, apoyos o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre un terreno con asperezas o cuerpos duros susceptible de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

Antes del tendido se instalarán los pórticos de protección para cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc.

Para el tendido se instalarán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y anclaje.

Se dispondrán, al menos, de un número de poleas igual a tres veces el número de vanos del cantón más grande. Las gargantas de las poleas de tendido serán de aleación de aluminio, madera o teflón y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor.

Cuando se haga el tendido sobre vías de comunicación, se establecerán protecciones especiales, de carácter provisional, que impida la caída de dichos conductores sobre las citadas vías, permitiendo al mismo tiempo el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan actuar sobre ellas. En caso de cruce con otras líneas (A.T., B.T. o de comunicaciones) también deberán disponerse la protecciones necesarias de manera que exista la máxima seguridad y que no se dañen los conductores durante su cruce. Cuando hay que dejar sin tensión una línea para ser cruzada, deberán estar preparadas todas las herramientas y materiales con el fin de que el tiempo de corte se reduzca al mínimo y no se cortarán hasta que todo esté preparado.

Cuando el cruzamiento sea con una línea eléctrica (A.T. y B.T.), una vez conseguido del propietario de la línea de corte, se tomarán las siguientes precauciones:

- Comprobar que estén abiertas, con corte visible, todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de un cierre intpestivo.
- Comprobar el enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando las zonas de trabajo.

Para poder cumplimentar los puntos anteriores, el Contratista deberá disponer, y hacer uso, de detector de A.T. adecuado y de tantas puestas a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión.

Si existe arbolado que pueda dañar a los conductores, y éstos a su vez a los árboles, dispondrán de medios especiales para que esto no ocurra.

Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño al conductor, el Contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que aquél no sufra daños.

Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el Contratista deberá consultar con la Dirección Técnica la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores podrán efectuarse por el sistema de manguitos de torsión, máquinas de husillo o preformados, según indicación previa de la Dirección Técnica y su colocación se hará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Todos los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente para asegurar la perfecta limpieza de las superficies a unir, no debiéndose apoyar sobre la tierra estas superficies limpias, para lo que se recomienda la utilización de tomas.

El Contratista será el responsable de las averías que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

3.2.2.7.3 TENSADO, REGULADO Y ENGRAPADO DE LOS CONDUCTORES

Previamente al tensado de los conductores, deberán ser venteados los apoyos primero y último del cantón, de modo que se contrarresten los esfuerzos debidos al tensado.

Los mecanismos para el tensado de los cables podrán ser los que la Contrata estime, con la condición de que se coloquen a distancia conveniente del apoyo de tense, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes del cable a su paso por la polea no sea inferior a 150° .

La Dirección Técnica facilitará al Contratista, para cada cantón, el vano de regulación y las flechas de este vano para las temperaturas habituales en esa época, indicando los casos en que la regulación no pueda hacerse por tablillas y sea necesario el uso de taquímetro.

Antes de regular el cable se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos.

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, la altura mínima de los conductores, en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a que fue medida. Igualmente facilitará en todos los vanos de cruzamiento.

El afino y comprobación del regulado se realizará siempre por la flecha.

En el caso de cantones de varios vanos, después del tensado y regulado de los conductores, se mantendrán éstos sobre las poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable. Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocarán los conductores sobre las grapas de suspensión.

Si una vez engrapado el conductor se comprueba que la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la flecha no es la que debía resultar, se volverá a engrapar, y si el conductor no se ha dañado se cortará el trozo que la Dirección Técnica marque, ejecutándose los manguitos correspondientes.

En los puentes flojos deberán cuidar su distancia a masa y la verticalidad de los mismos, así como su homogeneidad. Para los empalmes que se ejecuten en los puentes flojos se utilizarán preformados.

En las operaciones de engrapado se cuidará especialmente la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

Si hubiera alguna dificultad para encajar entre sí o con el apoyo algún elemento de los herrajes, éste no deberá ser forzado con el martillo y debe ser cambiado por otro.

Al ejecutar el engrapado en las cadenas de suspensión, se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto. En el caso de que sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se hará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y ésta se correrá a mano hasta donde sea necesario. La suspensión del cable se hará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen el cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni menos romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

3.2.2.8 REPOSICIÓN DEL TERRENO

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero en caso contrario, todo lo cuál será a cargo del Contratista.

Todos los daños serán por cuenta del Contratista, salvo aquellos aceptados por el Director de Obra.

3.2.2.9 NUMERACIÓN DE APOYOS. AVISOS DE PELIGRO ELÉCTRICO

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de "Riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo. Deberá cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203.

3.2.2.10 TOMAS DE TIERRA

El trabajo detallado en este epígrafe comprende la apertura y cierre del foso y zanja para la hinca del electrodo (o colocación del anillo), así como la conexión del electrodo, o anillo, al apoyo a través del macizo de hormigón.

Podrá efectuarse por cualquiera de los dos sistemas siguientes: Electrodo de difusión o Anillos cerrados. Cuando los apoyos soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra, deberán disponer de tomas de tierra de tipo de anillos cerrados.

3.2.2.10.1 ELECTRODOS DE DIFUSIÓN

Cada apoyo dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios para obtener una resistencia de difusión no superior a 20 ohmios, los cuales se conectarán entre sí y al apoyo por medio de un cable de cobre de 35 mm² de sección, pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno.

Al pozo de cada electrodo se le dará una profundidad tal que el extremo superior de cada uno, ya hincado, quede como mínimo a 0,50 m. por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre los electrodos y el apoyo.

Los electrodos deben quedar aproximadamente a unos 80 cm. del macizo de hormigón. Cuando sean necesarios más de un electrodo, la separación entre ellos será, como mínimo, vez y media la longitud de uno de ellos, pero nunca quedarán a más de 3 m. del macizo de hormigón.

3.2.2.10.2 ANILLO CERRADO

La resistencia de difusión no será superior a 20 ohmios, para lo cual se dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios con un mínimo de dos electrodos.

El anillo de difusión estará realizado con cable de cobre de 35 mm², pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno. Igual naturaleza y sección tendrán los conductores de conexión al apoyo.

El anillo estará enterrado a 50 cm. de profundidad y de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m., como mínimo, de las aristas del macizo de cimentación.

3.2.2.10.3 COMPROBACIÓN DE LOS VALORES DE RESISTENCIA DE DIFUSIÓN

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, los valores de resistencia de puesta a tierra de todos y cada uno de los apoyos.

3.2.3 MATERIALES

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

3.2.3.1 RECONOCIMIENTO Y ADMISION DE MATERIALES

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Director de Obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

3.2.3.2 APOYOS

Los apoyos de hormigón cumplirán las características señaladas en la Recomendación UNESA 6703 y en la Norma UNE 21080. Llevarán borne de puesta a tierra.

Los apoyos metálicos estarán contruidos con perfiles laminados de acero de los seleccionados en la Recomendación UNESA 6702 y de acuerdo con la Norma 36531-1ª R.

3.2.3.3 HERRAJES

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Todos estarán galvanizados.

Los soportes para aisladores rígidos responderán a la Recomendación UNESA 6626.

Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con las Normas UNE 21009, 21073 y 21124-76. En donde sea necesario adoptar disposiciones de seguridad se emplearán varillas preformadas de acuerdo con la Recomendación UNESA 6617.

3.2.3.4 AISLADORES

Los aisladores rígidos responderán a la Recomendación UNESA 6612.

Los aisladores empleados en las cadenas de suspensión o anclaje responderán a las especificaciones de la Norma UNE 21002. En cualquier caso el tipo de aislador será el que figura en el Proyecto.

3.2.3.5 CONDUCTORES

Serán los que figuran en el Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Recomendación UNESA 3403 y con las especificaciones de la Norma UNE 21016.

3.2.4 RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

3.2.4.1 CALIDAD DE CIMENTACIONES

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura; con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

3.2.4.2 TOLERANCIAS DE EJECUCIÓN

- Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo, es decir la distancia entre el eje de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $D/100 + 10$, expresada en centímetros.

- Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista.

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas

en el Reglamento y no deben aparecer riesgos de ahorcamientos, ni esfuerzos longitudinales superiores a los previstos en alineación.

- *Verticalidad de los apoyos.*

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2 % sobre la altura del apoyo. En los demás igual tolerancia sobre la posición definida en el apartado 2.5.

- *Tolerancia de regulación.*

Los errores admitidos en las flechas serán:

De $\pm 2,5$ % en el conductor que se regula con respecto a la teórica.

De $\pm 2,5$ % entre dos conductores situados en planos verticales.

De ± 4 % entre dos conductores situados en planos horizontales.

Estos errores se refieren a los apreciados antes de presentarse la afluencia. Dicho fenómeno sólo afecta al primero de los errores, o sea, la flecha real de un conductor con relación a la teórica, por lo que deberá tenerse presente al comprobar las flechas al cabo de un cierto tiempo del tendido.

3.3 CONDICIONES PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN CON CONDUCTORES AISLADOS

3.3.1 PREPARACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

Para la buena marcha de la ejecución de un proyecto de línea eléctrica de alta tensión, conviene hacer un análisis de los distintos pasos que hay que seguir y de la forma de realizarlos.

Inicialmente y antes de comenzar su ejecución, se harán las siguientes comprobaciones y reconocimientos:

- Comprobar que se dispone de todos los permisos, tanto oficiales como particulares, para la ejecución del mismo (Licencia Municipal de apertura y cierre de zanjas, Condicionados de Organismos, etc.).
- Hacer un reconocimiento, sobre el terreno, del trazado de la canalización, fijándose en la existencia de bocas de riego, servicios telefónicos, de agua, alumbrado público, etc. que normalmente se puedan apreciar por registros en vía pública.
- Una vez realizado dicho reconocimiento se establecerá contacto con los Servicios Técnicos de las Compañías Distribuidoras afectadas (Agua, Gas,

Teléfonos, Energía Eléctrica, etc.), para que señalen sobre el plano de planta del proyecto, las instalaciones más próximas que puedan resultar afectadas.

- Es también interesante, de una manera aproximada, fijar las acometidas a las viviendas existentes de agua y de gas, con el fin de evitar, en lo posible, el deterioro de las mismas al hacer las zanjas.

- El Contratista, antes de empezar los trabajos de apertura de zanjas hará un estudio de la canalización, de acuerdo con las normas municipales, así como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos, etc.

Todos los elementos de protección y señalización los tendrá que tener dispuestos el contratista de la obra antes de dar comienzo a la misma.

3.3.2 ZANJAS

3.3.2.1 ZANJAS EN TIERRA

3.3.2.1.1 EJECUCIÓN.

Su ejecución comprende:

- a) Apertura de las zanjas.
- b) Suministro y colocación de protección de arena.
- c) Suministro y colocación de protección de rasillas y ladrillo.
- d) Colocación de la cinta de "atención al cable".
- e) Tapado y apisonado de las zanjas.
- f) Carga y transporte de las tierras sobrantes.
- g) Utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados.

a) Apertura de las zanjas.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán en terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitando ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán, en el pavimento de las aceras, las zonas donde se abrirán las zanjas marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar, de forma que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable.

Las zanjas se ejecutarán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se dejará un paso de 50 cm entre las tierras extraídas y la zanja, todo a lo largo de la misma, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierra registros de gas, teléfonos, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán pasos suficientes para vehículos, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación se precisará una autorización especial.

En los pasos de carruajes, entradas de garajes, etc., tanto existentes como futuros, los cruces serán ejecutados con tubos, de acuerdo con las recomendaciones del apartado correspondiente y previa autorización del Supervisor de Obra.

b) Suministro y colocación de protecciones de arenas.

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto; exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente.

Se utilizará indistintamente de cantera o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente y las dimensiones de los granos serán de dos o tres milímetros como máximo.

Cuando se emplee la procedente de la zanja, además de necesitar la aprobación del Supervisor de la Obra, será necesario su cribado.

En el lecho de la zanja irá una capa de 10 cm. de espesor de arena, sobre la que se situará el cable. Por encima del cable irá otra capa de 15 cm. de arena. Ambas capas de arena ocuparán la anchura total de la zanja.

c) Suministro y colocación de protección de rasilla y ladrillo.

Encima de la segunda capa de arena se colocará una capa protectora de rasilla o ladrillo, siendo su anchura de un pie (25 cm.) cuando se trate de proteger un solo cable o terna de cables en mazos. La anchura se incrementará en medio pie (12,5 cm.) por cada cable o terna de cables en mazos que se añada en la misma capa horizontal.

Los ladrillos o rasillas serán cerámicos, duros y fabricados con buenas arcillas. Su cocción será perfecta, tendrá sonido campanil y su fractura será uniforme, sin caliches ni cuerpos extraños. Tanto los ladrillos huecos como las rasillas estarán fabricados con barro fino y presentará caras planas con estrías.

Cuando se tiendan dos o más cables tripolares de M.T. o una o varias ternas de cables unipolares, entonces se colocará, a todo lo largo de la zanja, un ladrillo en posición de canto para separar los cables cuando no se pueda conseguir una separación de 25 cm. entre ellos.

d) Colocación de la cinta de "Atención al cable".

En las canalizaciones de cables de media tensión se colocará una cinta de cloruro de polivinilo, que denominaremos "Atención a la existencia del cable", tipo UNESA. Se colocará a lo largo de la canalización una tira por cada cable de media tensión tripolar o terna de unipolares en mazos y en la vertical del mismo a una distancia mínima a la parte superior del cable de 30 cm. La distancia mínima de la cinta a la parte inferior del pavimento será de 10 cm.

e) Tapado y apisonado de las zanjas.

Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación (previa eliminación de piedras gruesas, cortantes o escombros que puedan llevar), apisonada, debiendo realizarse los 20 primeros cm. de forma manual, y para el resto es conveniente apisonar mecánicamente.

El tapado de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de diez centímetros de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas, si fuese necesario, con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno. La cinta de "Atención a la existencia del cable", se colocará entre dos de estas capas, tal como se ha indicado en d). El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiencia de esta operación y por lo tanto serán de su cuenta posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

f) Carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes.

Las tierras sobrantes de la zanja, debido al volumen introducido en cables, arenas, rasillas, así como el esponje normal del terreno serán retiradas por el contratista y llevadas a vertedero.

El lugar de trabajo quedará libre de dichas tierras y completamente limpio.

g) Utilización de los dispositivos de balizamiento apropiados.

Durante la ejecución de las obras, éstas estarán debidamente señalizadas de acuerdo con los condicionamientos de los Organismos afectados y Ordenanzas Municipales.

3.3.2.1.2 DIMENSIONES Y CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

3.3.2.1.2.1 ZANJA NORMAL PARA MEDIA TENSIÓN

Se considera como zanja normal para cables de media tensión la que tiene 0,60 m. de anchura media y profundidad 1,10 m., tanto en aceras como en calzada. Esta profundidad podrá aumentarse por criterio exclusivo del Supervisor de Obras.

La separación mínima entre ejes de cables tripolares, o de cables unipolares, componentes de distinto circuito, deberá ser de 0,20 m. separados por un ladrillo, o de 25 cm. entre capas externas sin ladrillo intermedio.

La distancia entre capas externas de los cables unipolares de fase será como mínimo de 8 cm. con un ladrillo o rasilla colocado de canto entre cada dos de ellos a todo lo largo de las canalizaciones.

Al ser de 10 cm. el lecho de arena, los cables irán como mínimo a 1 m. de profundidad. Cuando esto no sea posible y la profundidad sea inferior a 0,70 m. deberán protegerse los cables con chapas de hierro, tubos de fundición u otros dispositivos que aseguren una resistencia mecánica equivalente, siempre de acuerdo y con la aprobación del Supervisor de la Obra.

3.3.2.1.2.2 ZANJA PARA MEDIA TENSIÓN EN TERRENO CON SERVICIOS

Cuando al abrir calas de reconocimiento o zanjas para el tendido de nuevos cables aparezcan otros servicios se cumplirán los siguientes requisitos.

- a) Se avisará a la empresa propietaria de los mismos. El encargado de la obra tomará las medidas necesarias, en el caso de que estos servicios queden al aire, para sujetarlos con seguridad de forma que no sufran ningún deterioro. Y en el caso en que haya que correrlos, para poder ejecutar los trabajos, se hará siempre de acuerdo con la empresa propietaria de las canalizaciones. Nunca se deben dejar los cables suspendidos, por necesidad de la canalización, de forma que estén en tracción, con el fin de evitar que las piezas de conexión, tanto en empalmes como en derivaciones, puedan sufrir.
- b) Se establecerán los nuevos cables de forma que no se entrecrucen con los servicios establecidos, guardando, a ser posible, paralelismo con ellos.
- c) Se procurará que la distancia mínima entre servicios sea de 30 cm. en la proyección horizontal de ambos.

d) Cuando en la proximidad de una canalización existan soportes de líneas aéreas de transporte público, telecomunicación, alumbrado público, etc., el cable se colocará a una distancia mínima de 50 cm. de los bordes extremos de los soportes o de las fundaciones. Esta distancia pasará a 150 cm. cuando el soporte esté sometido a un esfuerzo de vuelco permanente hacia la zanja. En el caso en que esta precaución no se pueda tomar, se utilizará una protección mecánica resistente a lo largo de la fundación del soporte, prolongada una longitud de 50 cm. a un lado y a otro de los bordes extremos de aquella con la aprobación del Supervisor de la Obra.

3.3.2.1.2.3 ZANJA CON MÁS DE UNA BANDA HORIZONTAL

Cuando en una misma zanja se coloquen cables de baja tensión y media tensión, cada uno de ellos deberá situarse a la profundidad que le corresponda y llevará su correspondiente protección de arena y rasilla.

Se procurará que los cables de media tensión vayan colocados en el lado de la zanja más alejada de las viviendas y los de baja tensión en el lado de la zanja más próximo a las mismas.

De este modo se logrará prácticamente una independencia casi total entre ambas canalizaciones.

La distancia que se recomienda guardar en la proyección vertical entre ejes de ambas bandas debe ser de 25 cm.

Los cruces en este caso, cuando los haya, se realizarán de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto.

3.3.2.2 ZANJAS EN ROCA

Se tendrá en cuenta todo lo dicho en el apartado de zanjas en tierra. La profundidad mínima será de 2/3 de los indicados anteriormente en cada caso. En estos casos se atenderá a las indicaciones del Supervisor de Obra sobre la necesidad de colocar o no protección adicional.

3.3.2.3 ZANJAS ANORMALES Y ESPECIALES

La separación mínima entre ejes de cables multipolares o mazos de cables unipolares, componentes del mismo circuito, deberá ser de 0,20 m. separados por un ladrillo o de 0,25 m. entre caras sin ladrillo y la separación entre los ejes de los cables extremos y la pared de la zanja de 0,10 m.; por tanto, la anchura de la zanja se hará con arreglo a estas distancias mínimas y de acuerdo con lo ya indicado cuando, además, haya que colocar tubos.

También en algunos casos se pueden presentar dificultades anormales (galerías, pozos, cloacas, etc.). Entonces los trabajos se realizarán con precauciones y normas pertinentes al caso y las generales dadas para zanjas de tierra.

3.3.2.4 ROTURA DE PAVIMENTOS

Además de las disposiciones dadas por la Entidad propietaria de los pavimentos, para la rotura, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- a) La rotura del pavimento con maza (Almádena) está rigurosamente prohibida, debiendo hacer el corte del mismo de una manera limpia, con lajadera.
- b) En el caso en que el pavimento esté formado por losas, adoquines, bordillos de granito u otros materiales, de posible posterior utilización, se quitarán éstos con la precaución debida para no ser dañados, colocándose luego de forma que no sufran deterioro y en el lugar que molesten menos a la circulación.

3.3.2.5 REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad, de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción con piezas nuevas si está compuesto por losas, losetas, etc. En general serán utilizados materiales nuevos salvo las losas de piedra, bordillo de granito y otros similares.

3.3.3 CRUCES (CABLES ENTUBADOS)

El cable deberá ir en el interior de tubos en los casos siguientes:

- A) Para el cruce de calles, caminos o carreteras con tráfico rodado.
- B) En las entradas de carruajes o garajes públicos.
- C) En los lugares en donde por diversas causas no debe dejarse tiempo la zanja abierta.
- D) En los sitios en donde esto se crea necesario por indicación del Proyecto o del Supervisor de la Obra.

3.3.3.1 MATERIALES

Los materiales a utilizar en los cruces normales serán de las siguientes cualidades y condiciones:

a) Los tubos podrán ser de cemento, fibrocemento, plástico, fundición de hierro, etc. provenientes de fábricas de garantía, siendo el diámetro que se señala en estas normas el correspondiente al interior del tubo y su longitud la más apropiada para el cruce de que se trate. La superficie será lisa.

Los tubos se colocarán de modo que en sus empalmes la boca hembra esté situada antes que la boca macho siguiendo la dirección del tendido probable, del cable, con objeto de no dañar a éste en la citada operación.

b) El cemento será Portland o artificial y de marca acreditada y deberá reunir en sus ensayos y análisis químicos, mecánicos y de fraguado, las condiciones de la vigente instrucción española del Ministerio de Obras Públicas. Deberá estar envasado y almacenado convenientemente para que no pierda las condiciones precisas. La dirección técnica podrá realizar, cuando lo crea conveniente, los

análisis y ensayos de laboratorio que considere oportunos. En general se utilizará como mínimo el de calidad P-250 de fraguado lento.

c) La arena será limpia, suelta, áspera, crujiendo al tacto y exenta de sustancias orgánicas o partículas terrosas, para lo cual si fuese necesario, se tamizará y lavará convenientemente. Podrá ser de río o miga y la dimensión de sus granos será de hasta 2 ó 3 mm.

d) Los áridos y gruesos serán procedentes de piedra dura silícea, compacta, resistente, limpia de tierra y detritus y, a ser posible, que sea canto rodado. Las dimensiones serán de 10 a 60 mm. con granulometría apropiada.

Se prohíbe el empleo del llamado revoltón, o sea piedra y arena unida, sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

e) AGUA - Se empleará el agua de río o manantial, quedando prohibido el empleo de aguas procedentes de ciénagas.

f) MEZCLA - La dosificación a emplear será la normal en este tipo de hormigones para fundaciones, recomendándose la utilización de hormigones preparados en plantas especializadas en ello.

3.3.3.2 DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE EJECUCIÓN

Los trabajos de cruces, teniendo en cuenta que su duración es mayor que los de apertura de zanjas, empezarán antes, para tener toda la zanja a la vez, dispuesta para el tendido del cable.

Estos cruces serán siempre rectos, y en general, perpendiculares a la dirección de la calzada. Sobresaldrán en la acera, hacia el interior, unos 20 cm. del bordillo (debiendo construirse en los extremos un tabique para su fijación).

El diámetro de los tubos será de 20 cm. Su colocación y la sección mínima de hormigonado responderá a lo indicado en los planos. Estarán recibidos con cemento y hormigonados en toda su longitud.

Cuando por imposibilidad de hacer la zanja a la profundidad normal los cables estén situados a menos de 80 cm. de profundidad, se dispondrán en vez de tubos de fibrocemento ligero, tubos metálicos o de resistencia análoga para el paso de cables por esa zona, previa conformidad del Supervisor de Obra.

Los tubos vacíos, ya sea mientras se ejecuta la canalización o que al terminarse la misma se quedan de reserva, deberán taparse con rasilla y yeso, dejando en su interior un alambre galvanizado para guiar posteriormente los cables en su tendido.

Los cruces de vías férreas, cursos de agua, etc. deberán proyectarse con todo detalle.

Se debe evitar posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

En los tramos rectos, cada 15 ó 20 m., según el tipo de cable, para facilitar su tendido se dejarán calas abiertas de una longitud mínima de 3 m. en las que se interrumpirá la continuidad del tubo. Una vez tendido el cable estas calas se taparán cubriendo previamente el cable con canales o medios tubos, recibiendo sus uniones con cemento o dejando arquetas fácilmente localizables para ulteriores intervenciones, según indicaciones del Supervisor de Obras.

Para hormigonar los tubos se procederá del modo siguiente:

Se hecha previamente una solera de hormigón bien nivelada de unos 8 cm. de espesor sobre la que se asienta la primera capa de tubos separados entre sí unos 4 cm procediéndose a continuación a hormigonarlos hasta cubrirlos enteramente. Sobre esta nueva solera se coloca la segunda capa de tubos, en las condiciones ya citadas, que se hormigona igualmente en forma de capa. Si hay más tubos se procede como ya se ha

dicho, teniendo en cuenta que, en la última capa, el hormigón se vierte hasta el nivel total que deba tener.

En los cambios de dirección se construirán arquetas de hormigón o ladrillo, siendo sus dimensiones las necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea como mínimo 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90° y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes. Como norma general, en alineaciones superiores a 40 m. serán necesarias las arquetas intermedias que promedien los tramos de tendido y que no estén distantes entre sí más de 40 m.

Las arquetas sólo estarán permitidas en aceras o lugares por las que normalmente no debe haber tránsito rodado; si esto excepcionalmente fuera imposible, se reforzarán marcos y tapas.

En la arqueta, los tubos quedarán a unos 25 cm. por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable los tubos se taponarán con yeso de forma que el cable queda situado en la parte superior del tubo. La arqueta se rellenará con arena hasta cubrir el cable como mínimo.

La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas podrán ser registrables o cerradas. En el primer caso deberán tener tapas metálicas o de hormigón provistas de argollas o ganchos que faciliten su apertura. El fondo de estas arquetas será permeable de forma que permita la filtración del agua de lluvia.

Si las arquetas no son registrables se cubrirán con los materiales necesarios para evitar su hundimiento. Sobre esta cubierta se echará una capa de tierra y sobre ella se reconstruirá el pavimento.

3.3.3.3 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE EJECUCIÓN DE CRUZAMIENTO Y PARALELISMO CON DETERMINADO TIPO DE INSTALACIONES.

El cruce de líneas eléctricas subterráneas con ferrocarriles o vías férreas deberá realizarse siempre bajo tubo. Dicho tubo rebasará las instalaciones de servicio en una distancia de 1,50 m. y a una profundidad mínima de 1,30 m. con respecto a la cara inferior de las traviesas. En cualquier caso se seguirán las instrucciones del condicionado del organismo competente.

En el caso de cruzamientos entre dos líneas eléctricas subterráneas directamente enterradas, la distancia mínima a respetar será de 0,25 m.

La mínima distancia entre la generatriz del cable de energía y la de una conducción metálica no debe ser inferior a 0,30 m. Además entre el cable y la conducción debe estar interpuesta una plancha metálica de 3 mm de espesor como mínimo u otra protección mecánica equivalente, de anchura igual al menos al diámetro de la conducción y de todas formas no inferior a 0,50 m.

Análoga medida de protección debe aplicarse en el caso de que no sea posible tener el punto de cruzamiento a distancia igual o superior a 1 m. de un empalme del cable.

En el paralelismo entre el cable de energía y conducciones metálicas enterradas se debe mantener en todo caso una distancia mínima en proyección horizontal de:

- 0,50 m. para gaseoductos.
- 0,30 m. para otras conducciones.

En el caso de cruzamiento entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterránea, el cable de energía debe, normalmente, estar situado por debajo del cable de telecomunicación. La distancia mínima entre la generatriz externa de cada uno de los dos cables no debe ser inferior a 0,50 m. El cable colocado superiormente debe estar protegido por un tubo de hierro de 1m. de largo como mínimo y de tal forma que se garantice que la distancia entre las generatrices exteriores de los cables en las zonas no protegidas, sea mayor que la mínima establecida en el caso de paralelismo, que indica a continuación, medida en proyección horizontal. Dicho tubo de hierro debe estar protegido contra la corrosión y presentar una adecuada resistencia mecánica; su espesor no será inferior a 2 mm.

En donde por justificadas exigencias técnicas no pueda ser respetada la mencionada distancia mínima, sobre el cable inferior debe ser aplicada una protección análoga a la indicada para el cable superior. En todo caso la distancia mínima entre los dos dispositivos de protección no debe ser inferior a 0,10 m. El cruzamiento no debe efectuarse en correspondencia con una conexión del cable de telecomunicación, y no debe haber empalmes sobre el cable de energía a una distancia inferior a 1 m.

En el caso de paralelismo entre líneas eléctricas subterráneas y líneas de telecomunicación subterráneas, estos cables deben estar a la mayor distancia posible entre sí. En donde existan dificultades técnicas importantes, se puede admitir una distancia mínima en proyección sobre un plano horizontal, entre los puntos más próximos de las generatrices de los cables, no inferior a 0,50 m. en los cables interurbanos o a 0,30 m. en los cables urbanos.

3.3.4 TENDIDO DE CABLES

3.3.4.1 TENDIDO DE CABLES EN ZANJA ABIERTA

3.3.4.1.1 MANEJO Y PREPARACIÓN DE BOBINAS

Cuando se desplace la bobina en tierra rodándola, hay que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado en ella con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

La bobina no debe almacenarse sobre un suelo blando.

Antes de comenzar el tendido del cable se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina, generalmente por facilidad de tendido: en el caso de suelos con pendiente suele ser conveniente el canalizar cuesta abajo. También hay que tener en cuenta que si hay muchos pasos con tubos, se debe procurar colocar la bobina en la parte más alejada de los mismos, con el fin de evitar que pase la mayor parte del cable por los tubos.

En el caso del cable trifásico no se canalizará desde el mismo punto en dos direcciones opuestas con el fin de que las espirales de los tramos se correspondan.

Para el tendido, la bobina estará siempre elevada y sujeta por un barrón y gatos de potencia apropiada al peso de la misma.

3.3.4.1.2 TENDIDO DE CABLES

Los cables deben ser siempre desarrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc. y teniendo siempre pendiente que el radio de curvatura del cable deber ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

Cuando los cables se tiendan a mano, los hombres estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede canalizar mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable, al que se habrá adoptado una cabeza apropiada, y con un esfuerzo de tracción por mm² de conductor que no debe sobrepasar el que indique el fabricante del mismo. En cualquier caso el esfuerzo no será superior a 4 kg/mm² en cables trifásicos y a 5 kg/mm² para cables unipolares, ambos casos con conductores de cobre. Cuando se trate de

aluminio deben reducirse a la mitad. Será imprescindible la colocación de dinamómetro para medir dicha tracción mientras se tiende.

El tendido se hará obligatoriamente sobre rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no puedan dañar el cable. Se colocarán en las curvas los rodillos de curva precisos de forma que el radio de curvatura no sea menor de veinte veces el diámetro del cable. Durante el tendido del cable se tomarán precauciones para evitar al cable esfuerzos importantes, así como que sufra golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar el cable, lateralmente, por medio de palancas u otros útiles, sino que se deberá hacer siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, en casos muy específicos y siempre bajo la vigilancia del Supervisor de la Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0 grados centígrados no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento.

La zanja, en todo su longitud, deberá estar cubierta con una capa de 10 cm. de arena fina en el fondo, antes de proceder al tendido del cable.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta, sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con la capa de 15 cm. de arena fina y la protección de rasilla.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Cuando dos cables se canalicen para ser empalmados, si están aislados con papel impregnado, se cruzarán por lo menos un metro, con objeto de sanear las puntas y si tienen aislamiento de plástico el cruzamiento será como mínimo de 50 cm. Las zanjas, una vez abiertas y antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento para comprobar que se encuentran sin piedras u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido. Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas, al terminar los trabajos, en la misma forma en que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia a la oficina de control de obras y a la empresa correspondiente, con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte de la Contrata, tendrá las señas de los servicios públicos, así como su número de teléfono, por si tuviera, el mismo, que llamar comunicando la avería producida. Si las pendientes son muy pronunciadas, y el terreno es rocoso e impermeable, se está expuesto a que la zanja de canalización sirva de drenaje, con lo que se originaría un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso, si es un talud, se deberá hacer la zanja al bies, para disminuir la pendiente, y de no ser posible, conviene que en esa zona se lleve la canalización entubada y recibida con cemento.

Cuando dos o más cables de M.T. discurren paralelos entre dos subestaciones, centros de reparto, centros de transformación, etc., deberán señalizarse debidamente, para facilitar su identificación en futuras aperturas de la zanja utilizando para ello cada metro y medio, cintas adhesivas de colores distintos para cada circuito, y en fajas de anchos diferentes para cada fase si son unipolares. De todos modos al ir separados sus ejes 20 cm. mediante un ladrillo o rasilla colocado de canto a lo largo de toda la zanja, se facilitará el reconocimiento de estos cables que además no deben cruzarse en todo el recorrido entre dos C.T. En el caso de canalizaciones con cables unipolares de media tensión formando ternas, la identificación es más dificultosa y por ello es muy

importante el que los cables o mazos de cables no cambien de posición en todo su recorrido como acabamos de indicar.

Además se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) Cada metro y medio serán colocados por fase una vuelta de cinta adhesiva y permanente, indicativo de la fase 1, fase 2 y fase 3 utilizando para ello los colores normalizados cuando se trate de cables unipolares.

Por otro lado, cada metro y medio envolviendo las tres fases, se colocarán unas vueltas de cinta adhesiva que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos, salvo indicación en contra del Supervisor de Obras. En el caso de varias ternas de cables en mazos, las vueltas de cinta citadas deberán ser de colores distintos que permitan distinguir un circuito de otro.

b) Cada metro y medio, envolviendo cada conductor de MT tripolar, serán colocadas unas vueltas de cinta adhesivas y permanente de un color distinto para cada circuito, procurando además que el ancho de la faja sea distinto en cada uno.

3.3.4.2 TENDIDO DE CABLES EN GALERÍA O TUBULARES

3.3.4.2.1 TENDIDO DE CABLES EN TUBULARES

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tiracables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará un hombre en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro del mismo o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo dejándolos sin encintar dentro del mismo.

Nunca se deberán pasar dos cables trifásicos de media tensión por un tubo.

En aquellos casos especiales que a juicio del Supervisor de la Obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el Supervisor de Obra (según se indica en el apartado CRUCES (cables entubados)).

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se sierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

3.3.4.2.2 TENDIDO DE CABLES EN GALERÍA.

Los cables en galería se colocarán en palomillas, ganchos u otros soportes adecuados, que serán colocados previamente de acuerdo con lo indicado en el apartado de "Colocación de Soportes y Palomillas".

Antes de empezar el tendido se decidirá el sitio donde va a colocarse el nuevo cable para que no se interfiera con los servicios ya establecidos.

En los tendidos en galería serán colocadas las cintas de señalización ya indicadas y las palomillas o soportes deberán distribuirse de modo que puedan aguantar los esfuerzos electrodinámicos que posteriormente pudieran presentarse.

3.3.5 MONTAJES

3.3.5.1 EMPALMES

Se ejecutarán los tipos denominados reconstruidos indicados en el proyecto, cualquiera que sea su aislamiento: papel impregnado, polímero o plástico.

Para su confección se seguirán las normas dadas por el Director de Obra o en su defecto las indicadas por el fabricante del cable o el de los empalmes.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en no romper el papel al doblar las venas del cable, así como en realizar los baños de aceite con la frecuencia necesaria para evitar coqueas. El corte de los rollos de papel se hará por rasgado y no con tijera, navaja, etc.

En los cables de aislamiento seco, se prestará especial atención a la limpieza de las trazas de cinta semiconductoras pues ofrecen dificultades a la vista y los efectos de un deficiencia en este sentido pueden originar el fallo del cable en servicio.

3.3.5.2 BOTELLAS TERMINALES

Se utilizará el tipo indicado en el proyecto, siguiendo para su confección las normas que dicte el Director de Obra o en su defecto el fabricante del cable o el de las botellas terminales.

En los cables de papel impregnado se tendrá especial cuidado en las soldaduras, de forma que no queden poros por donde pueda pasar humedad, así como en el relleno de las botellas, realizándose éste con calentamiento previo de la botella terminal y de forma que la pasta rebase por la parte superior.

Asimismo, se tendrá especial cuidado en el doblado de los cables de papel impregnado, para no rozar el papel, así como en la confección del cono difusor de flujos en los cables de campo radial, prestando atención especial a la continuidad de la pantalla.

Se recuerdan las mismas normas sobre el corte de los rollos de papel, y la limpieza de los trozos de cinta semiconductora dadas en el apartado anterior de Empalmes.

3.3.5.3 AUTOVÁLVULAS Y SECCIONADOR

Los dispositivos de protección contra sobre tensiones de origen atmosférico serán pararrayos auto valvulares tal y como se indica en la memoria del proyecto, colocados sobre el apoyo de entronque A/S, inmediatamente después del Seccionador según el sentido de la corriente. El conductor de tierra del pararrayo se colocará por el interior del apoyo resguardado por las caras del angular del montaje y hasta tres metros del suelo e irá protegido mecánicamente por un tubo de material no ferromagnético.

El conductor de tierra a emplear será de cobre aislado para la tensión de servicio, de 50 mm² de sección y se unirá a los electrodos de barra necesarios para alcanzar una resistencia de tierra inferior a 2.

Se pondrá especial cuidado en dejar regulado perfectamente el accionamiento del mando del seccionador.

Los conductores de tierra atravesarán la cimentación del apoyo mediante tubos de fibrocemento de 6 cm. inclinados de manera que partiendo de una profundidad mínima de 0,60 m. emerjan lo más recto posible de la peana en los puntos de bajada de sus respectivos conductores.

3.3.5.4 HERRAJES Y CONEXIONES

Se procurará que los soportes de las botellas terminales queden fijos tanto en las paredes de los centros de transformación como en las torres metálicas y tengan la debida resistencia mecánica para soportar el peso de los soportes, botellas terminales y cable.

Asimismo, se procurará que queden completamente horizontales.

3.3.5.5 COLOCACIÓN DE SOPORTES Y PALOMILLAS

3.3.5.5.1 SOPORTES Y PALOMILLAS PARA CABLES SOBRE MUROS DE HORMIGÓN

Antes de proceder a la ejecución de taladros, se comprobará la buena resistencia mecánica de las paredes, se realizará asimismo el replanteo para que una vez colocados los cables queden bien sujetos sin estar forzados.

El material de agarre que se utilice será el apropiado para que las paredes no queden debilitadas y las palomillas soporten el esfuerzo necesario para cumplir la misión para la que se colocan.

3.3.5.5.2 SOPORTES Y PALOMILLAS PARA CABLES SOBRE MUROS DE LADRILLO

Igual al apartado anterior, pero sobre paredes de ladrillo.

3.3.6 VARIOS

Colocación de cables en tubos y engrapado en columna (entronques aéreo-subterráneos para M.T.).

Los tubos serán de poliéster y se colocarán de forma que no dañen a los cables y queden fijos a la columna, poste u obra de fábrica, sin molestar el tránsito normal de la zona, con 0,50 m. aproximadamente bajo el nivel del terreno, y 2,50 m. sobre él. Cada cable unipolar de M.T. pasará por un tubo.

El engrapado del cable se hará en tramos de uno o dos metros, de forma que se repartan los esfuerzos sin dañar el aislamiento del cable.

El taponado del tubo será hermético y se hará con un capuchón de protección de neopreno o en su defecto, con cinta adhesiva o de relleno, pasta que cumpla su misión de taponar, no ataque el aislamiento del cable y no se estropee o resquebraje con el tiempo para los cables con aislamiento seco. Los de aislamiento de papel se taponarán con un rollo de cinta Tupir adaptado a los diámetros del cable y del tubo.

3.3.7 TRANSPORTE DE BOBINAS DE CABLES

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado, asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque.

3.4 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE INTERIOR PREFABRICADOS

3.4.1 OBJETO

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de centros de transformación, así como de las condiciones técnicas del material a emplear.

3.4.2 OBRA CIVIL

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

3.4.2.1 EMPLAZAMIENTO

El lugar elegido para la instalación del centro debe permitir la colocación y reposición de todos los elementos del mismo, concretamente los que son pesados y grandes, como transformadores. Los accesos al centro deben tener la dimensiones adecuadas para permitir el paso de dichos elementos.

El emplazamiento del centro debe ser tal que esté protegido de inundaciones y filtraciones.

En el caso de terrenos inundables el suelo del centro debe estar, como mínimo, 0,20 m por encima del máximo nivel de aguas conocido, o si no al centro debe proporcionársele una estanqueidad perfecta hasta dicha cota.

El local que contiene el centro debe estar construido en su totalidad con materiales incombustibles.

3.4.2.2 EXCAVACIÓN

Se efectuará la excavación con arreglo a las dimensiones y características del centro y hasta la cota necesaria indicada en el Proyecto.

La carga y transporte a vertedero de las tierras sobrantes será por cuenta del Contratista.

3.4.2.3 ACONDICIONAMIENTO

Como norma general, una vez realizada la excavación se extenderá una capa de arena de 10 cm de espesor aproximadamente, procediéndose a continuación a su nivelación y compactación.

En caso de ubicaciones especiales, y previo a la realización de la nivelación mediante el lecho de arena, habrá que tener presente las siguientes medidas:

- Terrenos no compactados. Será necesario realizar un asentamiento adecuado a las condiciones del terreno, pudiendo incluso ser necesaria la construcción de una bancada de hormigón de forma que distribuya las cargas en una superficie más amplia.
- Terrenos en ladera. Se realizará la excavación de forma que se alcance una plataforma de asiento en zona suficientemente compactada y de las dimensiones necesarias para que el asiento sea completamente horizontal. Puede ser necesaria la canalización de las aguas de lluvia de la parte alta, con objeto de que el agua no arrastre el asiento del CT.
- Terrenos con nivel freático alto. En estos casos, o bien se eleva la capa de asentamiento del CT por encima del nivel freático, o bien se protege al CT mediante un revestimiento impermeable que evite la penetración de agua en el hormigón.

3.4.2.4 EDIFICIO PREFABRICADO DE HORMIGÓN

Los distintos edificios prefabricados de hormigón se ajustarán íntegramente a las distintas Especificaciones de Materiales de la compañía suministradora, verificando su diseño los siguientes puntos:

- Los suelos estarán previstos para las cargas fijas y rodantes que implique el material.
- Se preverán, en lugares apropiados del edificio, orificios para el paso del interior al exterior de los cables destinados a la toma de tierra, y cables de B.T. y M.T. Los orificios estarán inclinados y desembocarán hacia el exterior a una profundidad de 0,40 m del suelo como mínimo.
- También se preverán los agujeros de empotramiento para herrajes del equipo eléctrico y el emplazamiento de los carriles de rodamiento de los transformadores. Asimismo se tendrán en cuenta los pozos de aceite, sus conductos de drenaje, las tuberías para conductores de tierra, registros para las tomas de tierra y canales para los cables A.T. y B.T. En los lugares de paso, estos canales estarán cubiertos por losas amovibles.
- Los muros prefabricados de hormigón podrán estar constituidos por paneles convenientemente ensamblados, o bien formando un conjunto con la cubierta y la solera, de forma que se impida totalmente el riesgo de filtraciones.
- La cubierta estará debidamente impermeabilizada de forma que no quede comprometida su estanquidad, ni haya riesgo de filtraciones. Su cara interior podrá quedar como resulte después del desencofrado. No se efectuará en ella ningún empotramiento que comprometa su estanquidad.
- El acabado exterior del centro será normalmente liso y preparado para ser recubierto por pinturas de la debida calidad y del color que mejor se adapte al medio ambiente. Cualquier otra terminación: canto rodado, recubrimientos especiales, etc., podrá ser aceptada. Las puertas y recuadros metálicos estarán protegidos contra la oxidación.
- La cubierta estará calculada para soportar la sobrecarga que corresponda a su destino, para lo cual se tendrá en cuenta lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330.
- Las puertas de acceso al centro de transformación desde el exterior cumplirán íntegramente lo que al respecto fija la Norma UNE-EN 61330. En cualquier caso, serán incombustibles, suficientemente rígidas y abrirán hacia afuera de forma que puedan abatirse sobre el muro de fachada.

Se realizará el transporte, la carga y descarga de los elementos constitutivos del edificio prefabricado, sin que éstos sufran ningún daño en su estructura. Para ello deberán usarse los medios de fijación previstos por el fabricante para su traslado y ubicación, así como las recomendaciones para su montaje.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio, excepto las piezas que, insertadas en el hormigón, estén

destinadas a la manipulación de las paredes y de la cubierta, siempre que estén situadas en las partes superiores de éstas.

Cada pieza de las que constituyen el edificio deberán disponer de dos puntos metálicos, lo más separados entre sí, y fácilmente accesibles, para poder comprobar la continuidad eléctrica de la armadura. La continuidad eléctrica podrá conseguirse mediante los elementos mecánicos del ensamblaje.

3.4.2.5 EVACUACIÓN Y EXTINCIÓN DEL ACEITE AISLANTE

Las paredes y techos de las celdas que han de alojar aparatos con baño de aceite, deberán estar construidas con materiales resistentes al fuego, que tengan la resistencia estructural adecuada para las condiciones de empleo.

Con el fin de permitir la evacuación y extinción del aceite aislante, se preverán pozos con revestimiento estanco, teniendo en cuenta el volumen de aceite que puedan recibir. En todos los pozos se preverán apagafuegos superiores, tales como lechos de guijarros de 5 cm de diámetro aproximadamente, sifones en caso de varios pozos con colector único, etc. Se recomienda que los pozos sean exteriores a la celda y además inspeccionables.

3.4.2.5 VENTILACIÓN

Los locales estarán provistos de ventilación para evitar la condensación y, cuando proceda, refrigerar los transformadores.

Normalmente se recurrirá a la ventilación natural, aunque en casos excepcionales podrá utilizarse también la ventilación forzada.

Cuando se trate de ubicaciones de superficie, se empleará una o varias tomas de aire del exterior, situadas a 0,20 m. del suelo como mínimo, y en la parte opuesta una o varias salidas, situadas lo más altas posible.

En ningún caso las aberturas darán sobre locales a temperatura elevada o que contengan polvo perjudicial, vapores corrosivos, líquidos, gases, vapores o polvos inflamables.

Todas las aberturas de ventilación estarán dispuestas y protegidas de tal forma que se garantice un grado de protección mínimo de personas contra el acceso a zonas peligrosas, contra la entrada de objetos sólidos extraños y contra la entrada del agua IP23D, según Norma UNE-EN 61330.

3.4.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.4.3.1 APARAMENTA A.T

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica y tipo "modular". De esta forma, en caso de avería, será posible retirar únicamente la celda dañada, sin necesidad de desaprovechar el resto de las funciones.

Utilizarán el hexafluoruro de azufre (SF_6) como elemento de corte y extinción. El aislamiento integral en SF_6 confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro de transformación por efecto de riadas. Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entrada de agua en el centro. El corte en SF_6 resulta también más seguro que el aire, debido a lo expuesto anteriormente.

Las celdas empleadas deberán permitir la extensibilidad in situ del centro de transformación, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

Las celdas podrán incorporar protecciones del tipo autoalimentado, es decir, que no necesitan imperativamente alimentación. Igualmente, estas protecciones serán electrónicas, dotadas de curvas CEI normalizadas (bien sean normalmente inversas, muy inversas o extremadamente inversas), y entrada para disparo por termostato sin necesidad de alimentación auxiliar.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra), asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y seccionador de puesta a tierra. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE 20099. Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje. Estará relleno de SF_6 y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre

de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

- Compartimento del juego de barras. Se compondrá de tres barras aisladas conexionadas mediante tornillos.
- Compartimento de conexión de cables. Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos y termorretráctiles para cables de papel impregnado.
- Compartimento de mando. Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra motorizaciones, bobinas de cierre y/o apertura y contactos auxiliares si se requieren posteriormente.
- Compartimento de control. En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión, tanto en barras como en los cables.

Las características generales de las celdas son las siguientes, en función de la tensión nominal (U_n):

$U_n \leq 20 \text{ kV}$

- Tensión asignada: 24 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 50 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 60 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 125 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 145 kV.

$20 \text{ kV} < U_n \leq 30 \text{ kV}$

- Tensión asignada: 36 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
 - A tierra y entre fases: 70 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 80 kV.
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta):
 - A tierra y entre fases: 170 kV
 - A la distancia de seccionamiento: 195 kV.

3.4.3.2 TRANSFORMADORES

El transformador o transformadores serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, refrigeración natural, en baño de aceite preferiblemente, con regulación de tensión primaria mediante conmutador.

Estos transformadores se instalarán, en caso de incluir un líquido refrigerante, sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida, de forma que en caso de que se derrame e incendie, el fuego quede confinado en la celda del transformador, sin difundirse por los pasos de cables ni otras aberturas al resto del centro.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo, y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

3.4.3.3 EQUIPOS DE MEDIDA

Cuando el centro de transformación sea tipo "abonado", se instalará un equipo de medida compuesto por transformadores de medida, ubicados en una celda de medida de A.T., y un equipo de contadores de energía activa y reactiva, ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en ellas. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de las celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar, a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

Los cables de los circuitos secundarios de medida estarán constituidos por conductores unipolares, de cobre de 1 kV de tensión nominal, del tipo no propagador de la llama, de polietileno reticulado o etileno-propileno, de 4 mm² de sección para el circuito de intensidad y para el neutro y de 2,5 mm² para el circuito de tensión. Estos cables irán instalados bajo tubos de acero (uno por circuito) de 36 mm de diámetro interior, cuyo recorrido será visible o registrable y lo más corto posible.

La tierra de los secundarios de los transformadores de tensión y de intensidad se llevarán directamente de cada transformador al punto de unión con la tierra para medida y de aquí se llevará, en un solo hilo, a la regleta de verificación.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de Baja Tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrán en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

3.4.3.4 ACOMETIDAS SUBTERRANEAS

Los cables de alimentación subterránea entrarán en el centro, alcanzando la celda que corresponda, por un canal o tubo. Las secciones de estos canales y tubos permitirán la colocación de los cables con la mayor facilidad posible. Los tubos serán de superficie interna lisa, siendo su diámetro 1,6 veces el diámetro del cable como mínimo, y preferentemente de 15 cm. La disposición de los canales y tubos será tal que los radios de curvatura a que deban someterse los cables serán como mínimo igual a 10 veces su diámetro, con un mínimo de 0,60 m.

Después de colocados los cables se obstruirá el orificio de paso por un tapón al que, para evitar la entrada de roedores, se incorporarán materiales duros que no dañen el cable.

En el exterior del centro los cables estarán directamente enterrados, excepto si atraviesan otros locales, en cuyo caso se colocarán en tubos o canales. Se tomarán las medidas necesarias para asegurar en todo momento la protección mecánica de los cables, y su fácil identificación.

Los conductores de alta tensión y baja tensión estarán constituidos por cables unipolares de aluminio con aislamiento seco termoestable, y un nivel de aislamiento acorde a la tensión de servicio.

3.4.3.5 ALUMBRADO

El alumbrado artificial, siempre obligatorio, será preferiblemente de incandescencia.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de manera que los aparatos de seccionamiento no queden en una zona de sombra; permitirán además la lectura correcta de los aparatos de medida. Se situarán de tal manera que la sustitución de lámparas pueda efectuarse sin necesidad de interrumpir la media tensión y sin peligro para el operario.

Los interruptores de alumbrado se situarán en la proximidad de las puertas de acceso.

La instalación para el servicio propio del CT llevará un interruptor diferencial de alta sensibilidad (30 mA).

3.4.3.6 PUESTAS A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a separación de circuitos, forma de constitución y valores deseados para las puestas a tierra.

Condiciones de los circuitos de puesta a tierra

- No se unirán al circuito de puesta a tierra las puertas de acceso y ventanas metálicas de ventilación del CT.
- La conexión del neutro a su toma se efectuará, siempre que sea posible, antes del dispositivo de seccionamiento B.T.
- En ninguno de los circuitos de puesta a tierra se colocarán elementos de seccionamiento.
- Cada circuito de puesta a tierra llevará un borne para la medida de la resistencia de tierra, situado en un punto fácilmente accesible.
- Los circuitos de tierra se establecerán de manera que se eviten los deterioros debidos a acciones mecánicas, químicas o de otra índole.
- La conexión del conductor de tierra con la toma de tierra se efectuará de manera que no haya peligro de aflojarse o soltarse.
- Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea continua, en la que no podrán incluirse en serie las masas del centro. Siempre la conexión de las masas se efectuará por derivación.
- Los conductores de tierra enterrados serán de cobre, y su sección nunca será inferior a 50 mm².
- Cuando la alimentación a un centro se efectúe por medio de cables subterráneos provistos de cubiertas metálicas, se asegurará la continuidad de éstas por medio de un conductor de cobre lo más corto posible, de sección no inferior a 50 mm². La cubierta metálica se unirá al circuito de puesta a tierra de las masas.
- La continuidad eléctrica entre un punto cualquiera de la masa y el conductor de puesta a tierra, en el punto de penetración en el suelo, satisfará la condición de que la resistencia eléctrica correspondiente sea inferior a 0,4 ohmios.

3.4.4 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la compañía suministradora de la electricidad. El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra. La admisión de materiales no se permitirá sin la previa aceptación por parte del Director de Obra. En este sentido, se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el D.O., aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones. Para ello se tomarán como referencia las distintas Recomendaciones UNESA, Normas UNE, etc. que les sean de aplicación.

3.4.5 PRUEBAS REGLAMENTARIAS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Una vez ejecutada la instalación se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

Las pruebas y ensayos a que serán sometidas las celdas una vez terminada su fabricación serán las siguientes:

- Prueba de operación mecánica.
- Prueba de dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación de cableado.
- Ensayo de frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico de circuitos auxiliares y de control.
- Ensayo de onda de choque 1,2/50 ms.
- Verificación del grado de protección.

3.4.6 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

3.4.6.1 PREVENCIONES GENERALES

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio al centro de transformación, como banqueta, guantes, etc. No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua. No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado. Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta. Cada grupo de celdas llevará una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de apartamentación y número de fabricación.
- Año de fabricación.
- Tensión nominal.
- Intensidad nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Frecuencia industrial.

Junto al accionamiento de la apartamentación de las celdas se incorporarán, de forma gráfica y clara, las marcas e indicaciones necesarias para la correcta manipulación de dicha apartamentación. En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

3.4.6.2 PUESTA EN SERVICIO

Se conectarán primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

3.4.6.3 SEPARACIÓN DE SERVICIO

Se procederá en orden inverso al determinado en el apartado anterior, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

3.4.6.4 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

A fin de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores, así como en las bornas de fijación de las líneas de alta y de baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida frecuencia. Esta se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y teniendo muy presente que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

Si es necesario cambiar los fusibles, se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

La temperatura del líquido refrigerante no debe sobrepasar los 60°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

3.4.7 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la compañía suministradora.

3.4.8 LIBRO DE ÓRDENES

Se dispondrá en el centro de transformación de un libro de órdenes, en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación, incluyendo cada visita, revisión, etc.

3.4.9 RECEPCIÓN DE LA OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la Obra. En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes.
- Ensayo dieléctrico. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del centro deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.
- Instalación de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra, las tensiones de contacto y de paso, la separación de los circuitos de tierra y el estado y resistencia de los circuitos de tierra.
- Regulación y protecciones. Se comprobará el buen estado de funcionamiento de los relés de protección y su correcta regulación, así como los calibres de los fusibles.



- Transformadores. Se medirá la acidez y rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores.



CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO

En este documento se procede a la exposición del presupuesto y coste de las obras para la instalación eléctrica para el sistema de regadío.

4.1 CRITERIO DE REVISIÓN DE PRECIOS

A partir de los primeros 18 meses a contar desde la firma del contrato de obras, tomando a estos efectos como fecha de origen el mes 18 a contar desde la formalización del contrato y con referencia a las unidades pendientes de ejecución que excedan del 20% del precio del contrato, los precios unitarios se actualizarán de conformidad con las fórmulas e índices oficiales de revisión de precios que se detallan a continuación. Se exceptuarán de dicha revisión de precios las demoras en plazo de ejecución imputables al Contratista.

La revisión de precios, se ajustará a la fórmula número 29 de las que figuran en el Real Decreto 3650/1970, del 19 de Diciembre (B.O.E. del 29 de Diciembre) y Real Decreto 2167/1981, del 20 de Agosto, que complementa al anterior y Decretos o Leyes posteriores que la sustituyan.

Esta fórmula es:

$$K_t = 0,24 \cdot \frac{H_t}{H_0} + 0,12 \cdot \frac{C_t}{C_0} + 0,09 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0,40 \cdot \frac{C_{ut}}{C_{u0}} + 0,15$$

Donde: K_t = Coeficiente de revisión en el momento de ejecución “t”.

H_0 y H_t = Índices del coste de la mano de obra en las fechas de origen y en el momento “t” respectivamente.

C_0 y C_t = Índices del coste del cemento en la fecha de origen y en el momento “t” respectivamente.

S_0 y S_t = Índices del coste de materiales siderúrgicos en la fecha de origen y el momento “t” respectivamente.

C_{u0} y C_{ut} = Índices del coste de cobre en la fecha de origen y en el momento “t” respectivamente.

4.2 LÍNEA AÉREA

4.2.1 APOYOS

<i>Nº Apoyo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Armado</i>	<i>Importe (€)</i>
1	C-2000-16	S2220	2.446
2	C-2000-18	S2330	2.718
3	C-1000-20	S2110	1.894
4	C-2000-16	S1110	2.170
5	C-1000-18	S1110	1.690
6	C-1000-18	S1110	1.690
7	C-2000-20	S1110	2.682
8	C-1000-20	S2110	1.894
9	C-2000-18	S1110	2.428
10	C-2000-20	S1110	2.682
11	C-2000-20	S1110	2.682
12	C-2000-20	S1110	2.682
13	C-1000-20	S2110	1.894
14	C-500-20	S2110	1.650
15	C-2000-20	S1220	2.700
16	C-1000-22	S1110	2.078
17	C-2000-20	S1110	2.682
18	C-2000-18	S1110	2.428

TABLA 78: Importe Apoyos Línea Aérea

TOTAL 41.090 €

4.2.2 CIMENTACIONES

<i>Nº Apoyo</i>	<i>Tipo de cimentación</i>	<i>Volumen hormigón (m³)</i>	<i>Importe (€)</i>
1	Monobloque	2,89	182,07
2	Monobloque	3,41	214,83
3	Monobloque	2,99	188,37
4	Monobloque	2,89	182,07
5	Monobloque	2,62	165,06
6	Monobloque	2,62	165,06
7	Monobloque	3,98	250,74
8	Monobloque	2,99	188,37
9	Monobloque	3,41	214,83
10	Monobloque	3,98	250,74
11	Monobloque	3,98	250,74
12	Monobloque	3,98	250,74
13	Monobloque	2,99	188,37
14	Monobloque	2,59	163,17
15	Monobloque	3,98	250,74
16	Monobloque	3,48	219,24
17	Monobloque	3,98	250,74
18	Monobloque	3,41	214,83

TABLA 79: Importe Cimentaciones Línea Aérea

TOTAL 3790,71€

4.2.3 CONDUCTORES

<i>Conductor</i>	<i>Longitud total (Km)</i>	<i>Importe (€)</i>
LA-56	5,97	5.675

TABLA 80: Importe Conductores Línea Aérea

TOTAL 5.675 €

4.2.4 AISLADORES

<i>Elemento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Unidades (Ud.)</i>	<i>Importe (€)</i>
Aislador cadena amarre	E-40-100	306	3.726

TABLA 81: Importe Aisladores Línea Aérea

TOTAL 3.726 €

4.2.5 SISTEMA DE PROTECCIÓN

<i>Elemento</i>	<i>Tipo</i>	<i>Unidades (Ud.)</i>	<i>Importe (€)</i>
Seccionador tripolar	INAEL 3900 CR	1	1000
Seccionador monopolar	INAEL SU 1.110	3	900
Cortacircuitos Fusibles	INAEL A-1200	3	210
Protección Autovalvular	INAEL INZP-10	3	450
Puesta a tierra	Picas 2m, 14mm de diámetros	18	900

TABLA 82: Importe Sistema de protección Línea Aérea

TOTAL 3.460€

4.2.6 MANO DE OBRA

<i>Elemento</i>	<i>Unidades</i>	<i>Importe (€)</i>
Montaje, armado e izado de apoyos	20.545 Kg.	18.490
Excavación y hormigonado	89 m3	9.790
Tendido, tensado y engrapado del conductor de fase	5,97 Km.	2.298
Aislamiento de cables en conductores y/o puentes flojos. (Se ha considerado 3m. aislamiento del puente + 3 m. de aislamiento conductores, 1.5 a cada lado)	261 m.	1.958
Aislamiento de las grapas de amarre con forros aislantes	90 Ud.	900

TABLA 83: Importe Mano de obra Línea Aérea

TOTAL 33.427 €

4.2.7 PRESUPUESTO TOTAL LÍNEA AÉREA

<i>SECCIÓN</i>	<i>IMPORTE</i>
Apoyos	41.090
Cimentaciones	3.790,71
Conductor	5.675
Aisladores	3.726
Sistema de Protección	3.460
Mano de obra	33.427

TABLA 84: Presupuesto total de la Línea Aérea

Presupuesto de ejecución

TOTAL 91.168,71 €

4.3 LÍNEA SUBTERRÁNEA

4.3.1 CONDUCTORES

<i>Conductor</i>	<i>Tipo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe (€)</i>
Conductor de fase	Al MT HEPRZ1	400 m	11,96	14.352
Empalme unipolar MT	Conductor 150 mm²	3	260,43	781,29
Tubería roja 160 mm	UNE 50086	400	3,66	1.464

TABLA 85: Importe Conducotores Línea Subterránea

TOTAL 7.029,29 €

4.3.2 MANO DE OBRA

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe (€)</i>
Excavación zanja	240 m ³	7	1.680
Relleno de zanja con arena	24 m ³	5,80	139,2
Relleno de zanja con producto sobrante	216 m	3	648
Cinta de atención al cable "LÍNEA ELECTRICA"	400 m	2	800
Arqueta de 0,6 x 0,7 m	1	196	196

TABLA 86: Importe Mano de obra Línea Subterránea

TOTAL 3.463,2 €

4.3.3 PRESUPUESTO TOTAL LÍNEA SUBTERRÁNEA

<i>SECCIÓN</i>	<i>IMPORTE</i>
Conductores	16.597,29
Mano de obra	3.463,2

TABLA 87: Presupuesto total Línea Subterránea

Presupuesto de ejecución

TOTAL 20.060,5 €

4.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

4.4.1 INSTALACIÓN

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe (€)</i>
Centro de transformación prefabricado exterior ORMAZABAL PCU-4	1	27.000	27.000
Celda de AT E/S	2	2.800	5.600
Celda de AT Protección transformador	1	3.481	3.481
Celda de AT Medida	1	3.500	3.500
Transformador de 800 KVA	1	8.113	8.113
Rejilla metálica para la defensa del transformador	1	180	180
Equipo de maniobras de centro de transformación	1	75	75

TABLA 88: Importe Instalación Centro de Transformación

_____ **TOTAL 47.949 €**

4.4.2 MANO DE OBRA

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio</i>	<i>Importe (€)</i>
Excavación en preparación del terreno	9,26 m³	5,80	53,7
Instalación de PAT	1	500	500

TABLA 89: Importe Mano de obra Centro de Transformación

_____ **TOTAL 553,7 €**

4.4.3 PRESUPUESTO TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

SECCIÓN	IMPORTE
Instalación	47.949
Mano de obra	553,7

TABLA 90: Importe Total Centro de Transformación

Presupuesto de ejecución

TOTAL 48.502,7 €

4.5 REPERCUSIONES TOTALES ECONÓMICAS

Instalación Línea Aérea	91.168,71 €
Instalación Línea Subterránea	20.060,5 €
Instalación Centro de Transformación	48.502,7 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	159.731,9 €
13% Gastos generales	20.765,1 €
10% Beneficio	15.973,19 €
TOTAL	196.470,2 €
18% I.V.A	35.364,6 €
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	231.835 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la cantidad de CIENTO CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y UNO CON NUEVE CÉNTIMOS (159.731,9 EUROS) y el Presupuesto de Ejecución por Contrata a la cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y UN MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y CINCO EUROS (231.835 EUROS).

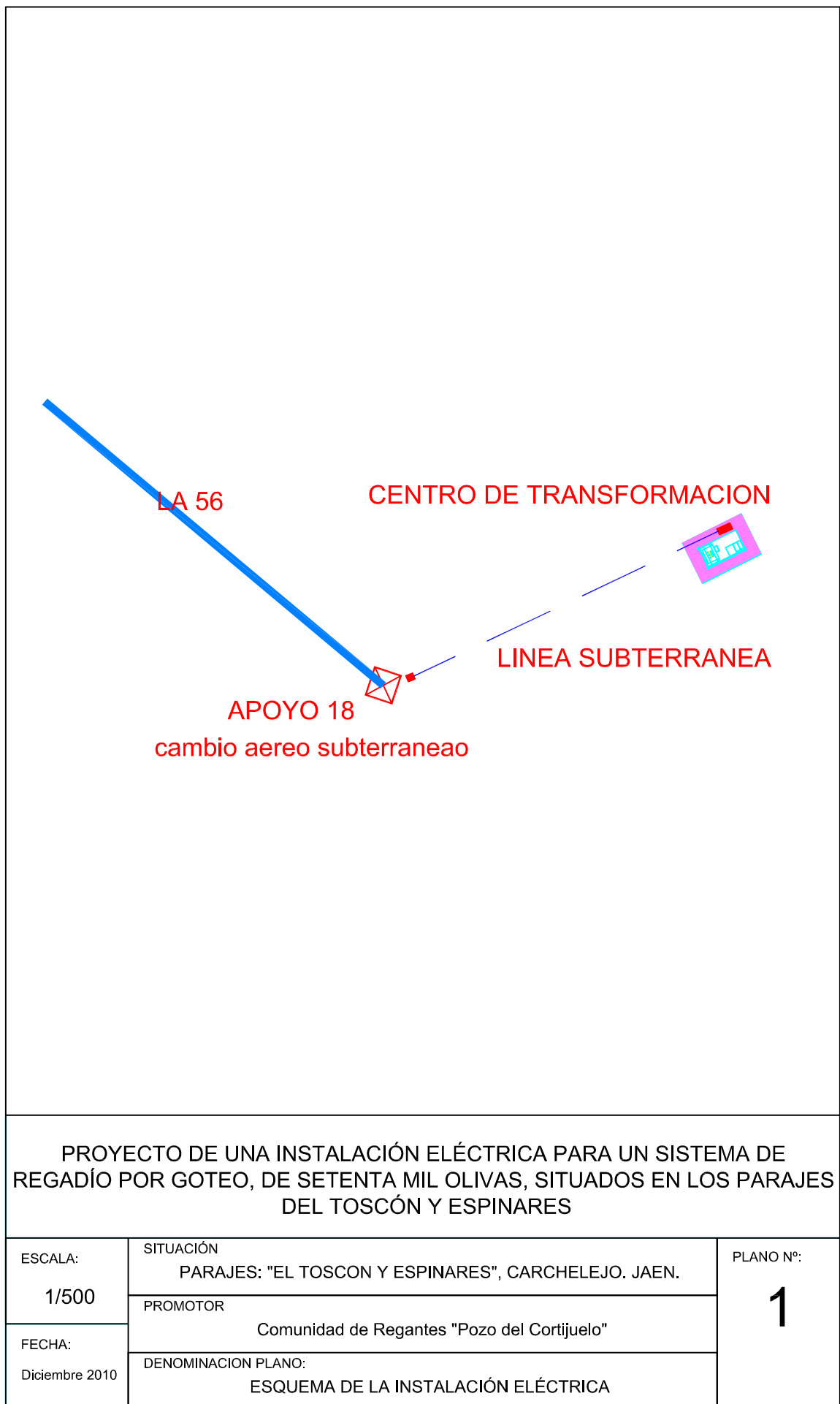
4.6 COSTE DE LA INSTALACIÓN

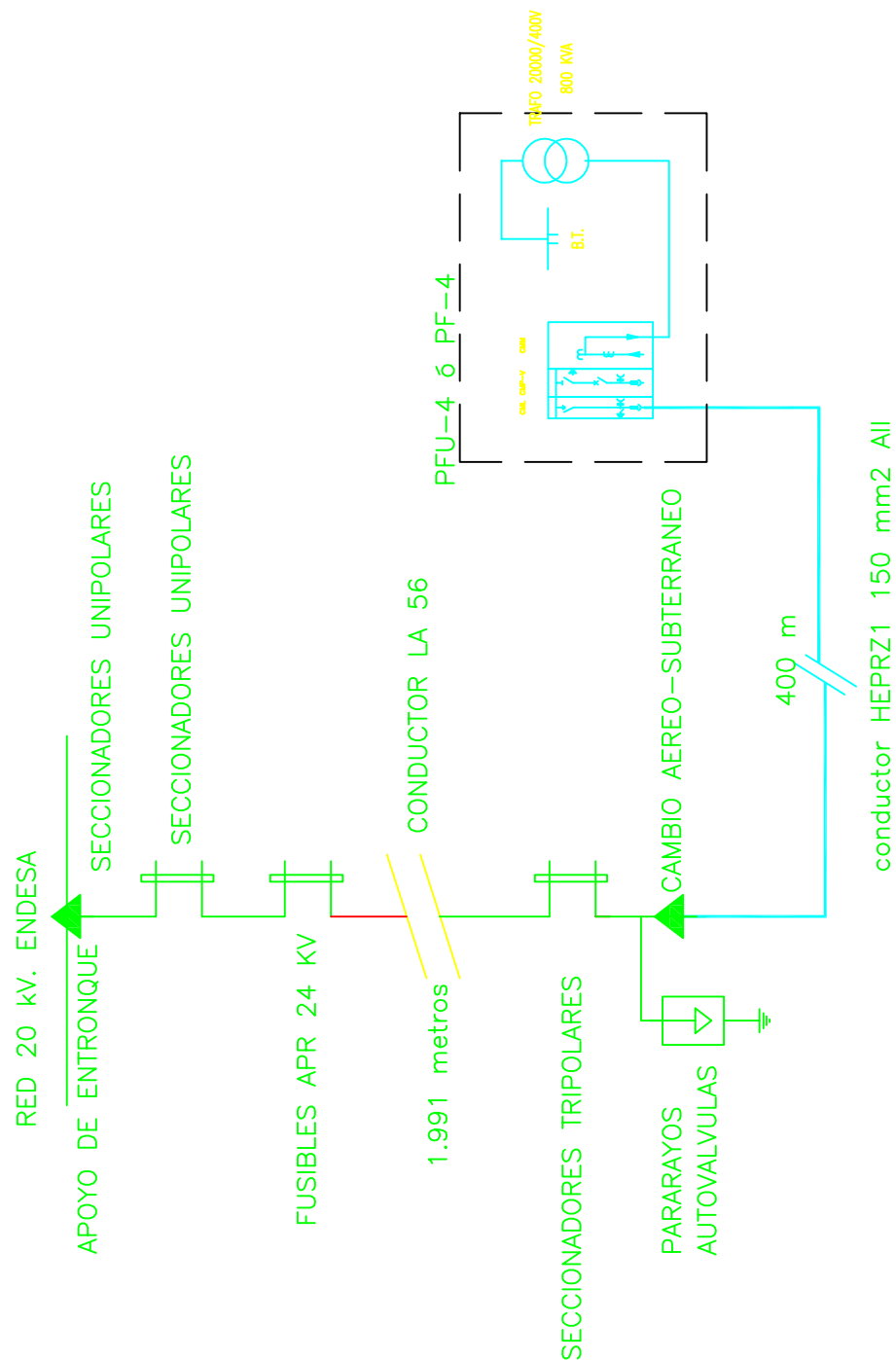
En la actualidad, la Comunidad de Regantes: Pozo del Cortijuelo posee una cantidad de setenta mil olivas que pertenecen a los parajes del Toscón y Espinares.

Con el presupuesto estimado, la Comunidad de Regantes deberá de aportar una cantidad de **TRES EUROS CON TREINTA Y UNO CÉNTIMOS** (3,31 EUROS) por oliva.

CAPÍTULO 5: PLANOS

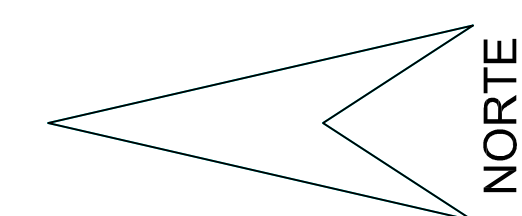
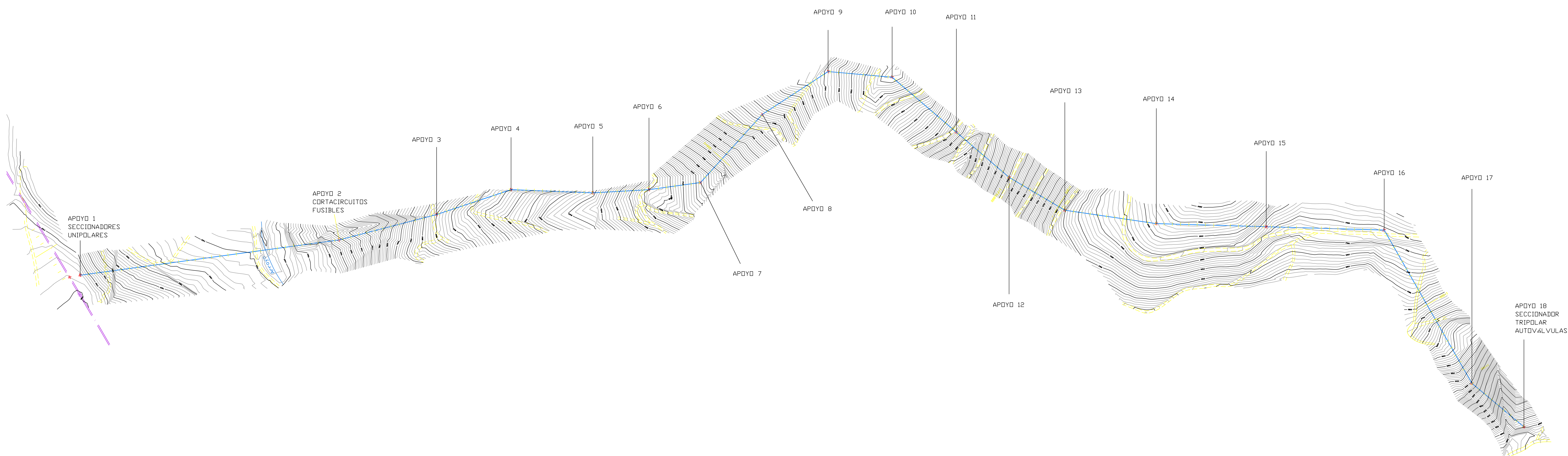
En este capítulo, se explican las dimensiones y distribuciones de los elementos utilizados en el presente proyecto.





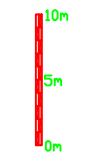
PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN SISTEMA DE REGADÍO POR GOTEO, DE SETENTA MIL OLIVAS SITUADOS EN LOS PARAJES DEL TOSCÓN Y ESPINARES

ESCALA:	SITUACIÓN PARAJES: "EL TOSCON Y ESPINARES", CARCHELEJO. JAEN.	PLANO N°: 2
	PROMOTOR Comunidad de Regantes "Pozo del Cortijuelo"	
FECHA: Diciemre 2010	DENOMINACION PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	



PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN SISTEMA DE REGADÍO POR GOTEÓ, DE SETENTA MIL OLIVAS SITAUDAS EN LOS PARAJES DEL TOSCÓN Y ESPINARES			
ESCALA:	SITUACIÓN		PLANO Nº: 3
1/2.500	PARAJES: "EL TOSCON Y ESPINARES", CARCHELEJO. JAEN.		
FECHA:	Comunidad de Regantes "Pozo del Cortijuelo"		
Diciembre 2010	DENOMINACION PLANTA:		
	PLANTA TOPOGRÁFICA LÍNEA AÉREA		

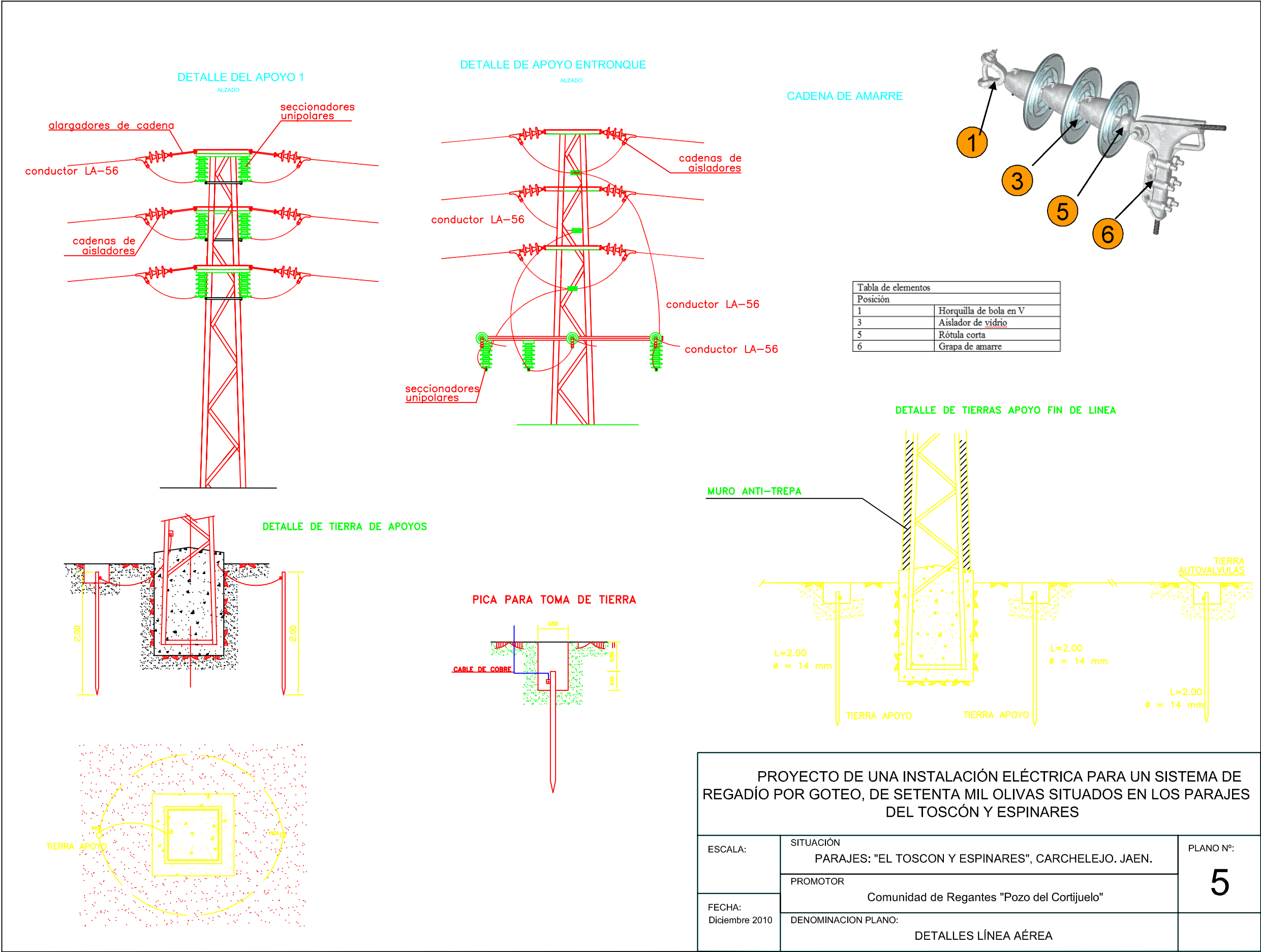
escala vertical

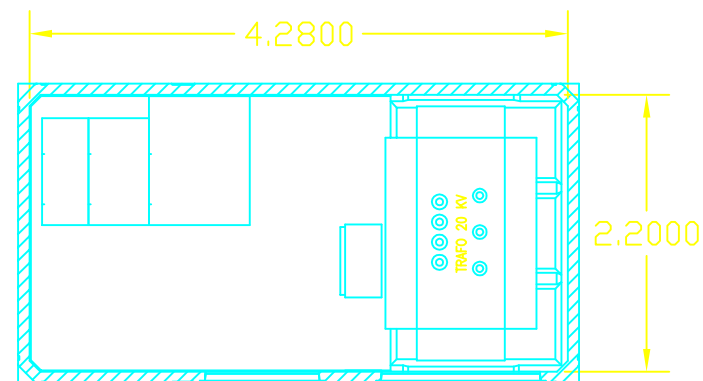
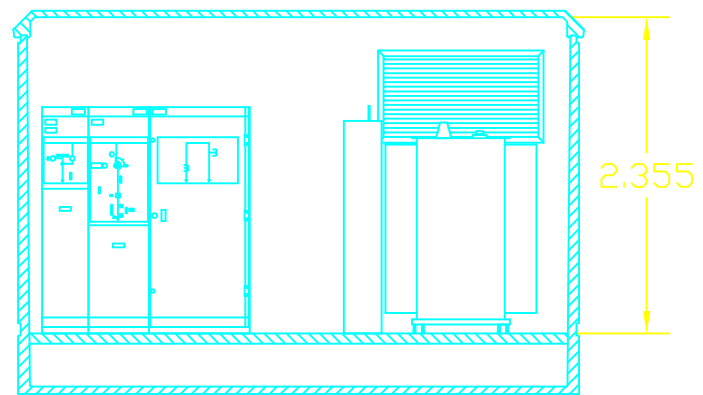


escala horizontal

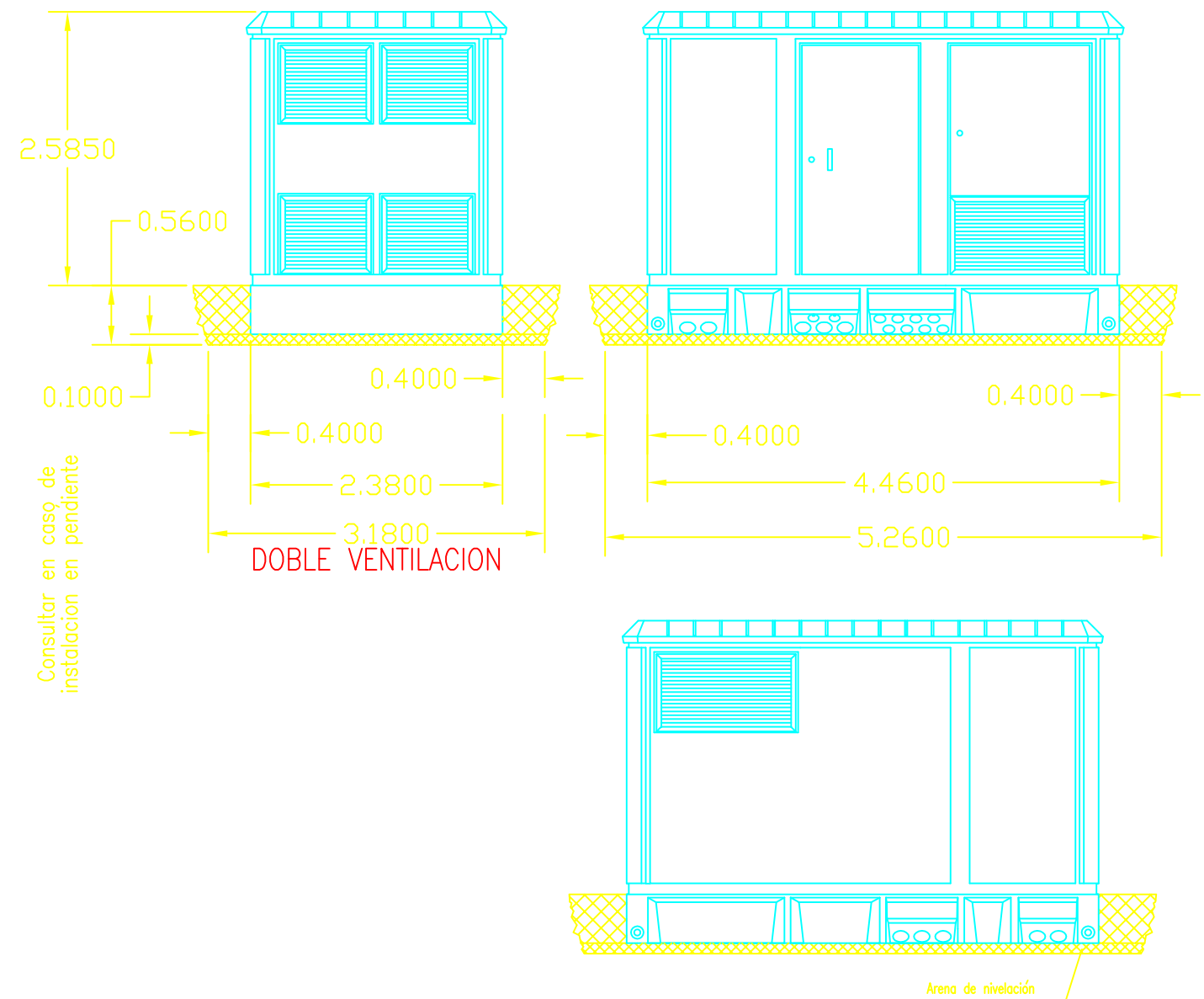
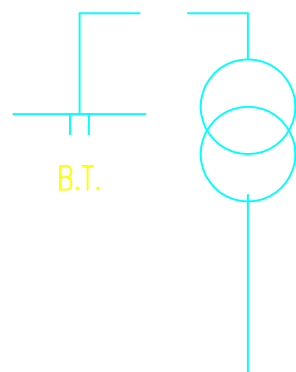
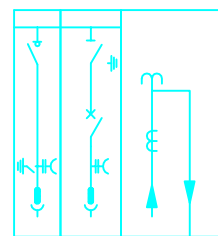
Plano de Comparación 741,64 m

<p align="center">PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN SISTEMA DE REGADÍO POR GOTEO, DE SETENTA MIL OLIVAS SITUADAS EN LOS PARAJES DEL TOSCÓN Y ESPINARES</p>		
<p>ESCALA:</p>	<p>SITUACIÓN</p> <p align="center">PARAJES: "EL TOSCON Y ESPINARES", CARCHELEJO, JAEN.</p>	<p>PLANO Nº:</p> <p align="center">4</p>
	<p>PROMOTOR</p> <p align="center">Comunidad de Regantes "Pozo del Cortijuelo"</p>	
<p>FECHA:</p> <p>Diciembre 2010</p>	<p>DENOMINACIÓN PLANO:</p> <p align="center">PERFIL LÍNEA AÉREA</p>	





CML CMP-V CMM



DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
5.26 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN SISTEMA DE
REGADÍO POR GOTEÓ, DE SETENTA MIL OLIVAS SITUADOS EN LOS PARAJES
DEL TOSCÓN Y ESPINARES

ESCALA:	SITUACIÓN PARAJES: "EL TOSCON Y ESPINARES", CARCHELEJO. JAEN.	PLANO Nº: 7
	PROMOTOR Comunidad de Regantes "Pozo del Cortijuelo"	
FECHA: Diciembre 2010	DENOMINACION PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACION	



ANEXO: HOJA DE CARACTERÍSTICAS

En este anexo se adjuntan las hojas de catálogo de los elementos que han sido utilizados para el desarrollo de este proyecto

LÍNEA AÉREA

PROTECCIÓN AUTOVALVULAR

Características Characteristics Caractéristiques

Los pararrayos INAEL "INZP e INZ" se ensayan de acuerdo con las más recientes normativas nacionales e internacionales, referente a pararrayos de óxidos metálicos: ANSI/IEEE C62.11, CEI 60099-4, UNE-EN 60099-4. Estos equipos superan con éxito los siguientes ensayos de tipo mínimos:

- * Impulsos de corriente de gran amplitud y corta duración: 2 impulsos 4/10 µs con valor de cresta de 100 kA.

- * Impulsos de corriente de larga duración: 20 impulsos con valor de cresta de 250 A y duración de 2.000 µs.

- * Ensayo de funcionamiento: se aplican 20 impulsos con forma de onda 8/20 µs y valor de cresta igual a 10 kA, seguidos de 2 impulsos de gran amplitud con valor cresta igual a 100 kA.

Tras cada uno de estos ensayos, los pararrayos INAEL se mantienen térmicamente estables y el aumento en la tensión residual correspondiente a la corriente nominal de descargas es menor de un 10%.

The INAEL'S arresters are tested in accordance with the latest standard ANSI/IEEE C62.11-1987 for metal oxide arresters, and also with IEC 60099-4. They consistently withstand the following minimum type test:

- * High Current-Short duration: 2 current surges of 100 kA-crest magnitude 20 shoots of 100 kA amplitude,

- * Low Current-Long duration: 20 shoots (or impulses) of 250 A amplitude and 2.000 µs duration.

- * Duty Cycle: 20 discharges with a current surge of 10 kA magnitude and 8/20 µs wave shape followed by 2 discharges with a current surge of 100 kA magnitude.

Following each of these tests, the INAEL'S arresters remain thermally stable and the discharge voltage increase at rated current is less than 10%.

Les parafoudres type "INZ et INZP" sont soumis aux essais conformément à la normative la plus récente, nationale et internationale, concernant les parafoudres d'oxydes métalliques: ANSI/IEEE C62.11, CEI 60099-4, UNE-EN 60099-4.

Ce modèle passe avec succès les essais de type minimaux suivants:

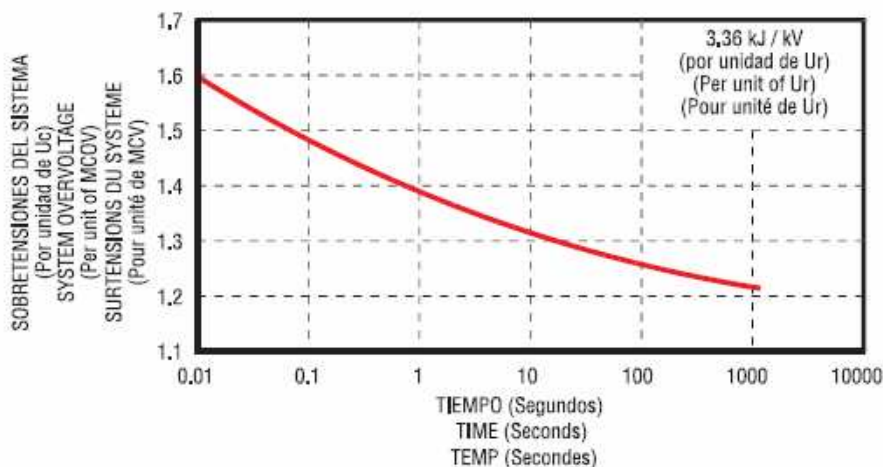
- * Chocs de courant de grande amplitude et courte durée: 2 impulsions avec valeur de crête de 100 kA.

- * Chocs de courant de longue durée: 20 impulsions avec valeur de crête de 250 A et durée de 2.000 µs.

- * Essai de fonctionnement: On applique 20 impulsions avec une forme d'onde 8/20 µs et une valeur de crête égale à 10 kA, suivies de 2 impulsions de grande amplitude avec valeur de crête égale à 100 kA.

Après chacun de ces essais, le parafoudre INAEL est maintenu stable thermiquement et l'augmentation de la tension résiduelle correspondant au courant nominal de décharges, est inférieure à un 10%.

Capacidad de soportar sobretensiones de los pararrayos INZ e INZP
Type INZ and INZP arresters temporary overvoltage capability (TOV)
Capacité de surtensions des parafoudres INZ et INZP



Pararrayos para sistemas de distribución
Metal oxide distribution class surge arresters
Parafoudre pour systemes de distribution

Aplicación
Application
Application

La tensión asignada "Ur" de un pararrayos corresponde, por definición, a la tensión a frecuencia industrial (50/60 Hz) aplicada entre terminales de pararrayos durante 10 sg. en el ensayo de funcionamiento. Por otra parte, la tensión de funcionamiento continuo "Uc" de un pararrayos, designa la máxima tensión que, a frecuencia industrial, puede ser aplicada de forma continua y permanente entre los terminales del pararrayos, en servicio. El pararrayos se debe seleccionar de modo que la máxima tensión fase-tierra permanente en el sistema de distribución no exceda de la Uc del pararrayos.

La temperatura media en el lugar de instalación no debe superar los 40° C, mientras que la temperatura máxima no debe sobrepasar los 60° C. De no cumplirse estas condiciones, debe consultarse con INAEL.

The INAEL'S arrester rated voltage, "Ur" designates the voltage (50/60 Hz) applied across the arrester terminals during 10 sg. in the duty cycle test. In the other hand, the INAEL'S arresters arrester Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV) "Uc" designates the maximum 50/60 Hz voltage that may be continuously applied across the arrester in service. Selection of the appropriate arrester rating is made on the basis that the maximum continuous voltage on the line does not exceed the (MCOV) "Uc" of the arrester.

The average temperature at the point of installation should not exceed 40° C, and the maximum temperature should not exceed 60° C. For applications continuously exceeding these temperatures, please, contact your nearest INAEL'S agent.

La tension assignée Ur d'un parafoudre INAEL correspond, par définition, à la tension à fréquence industrielle (50/60 Hz) appliquée entre les terminaux de parafoudres pendant 10 sg, dans l'essai de fonctionnement.

D'autre part, la tension de fonctionnement continu "Uc" d'un parafoudre "INZ" désigne la tension maximale qui, à fréquence industrielle, peut être maintenue de façon continue et permanente entre les terminaux des parafoudres en service. Le modèle "INZ" doit être sélectionné de telle sorte que la tension maximale phase-terre qui se trouve dans le système de distribution, ne soit pas supérieure de Uc du parafoudre.

La température moyenne sur le lieu de l'installation ne doit pas dépasser les 40 °C, tandis que la température maximale ne doit pas dépasser les 60 °C. Si ces conditions ne sont pas requises, veuillez consulter votre représentant d'INAEL, le plus proche.

Tipo Type Type	Ur kV (RMS)	Uc kV (RMS)	Ures max. al frente de la onda Max. equivalent (F.O.W.) Max. equivalent KV (crest) ¹⁾	Tensión residual (Ures) máxima con onda de corriente 8/20 µs Maximum discharge voltage using an 8/20 µs current impulse Tension résiduelle (Ures) maximale avec onde de courant 8/20 µs					
				1,5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
INZP...10 E INZ...10	3	2,55	10,6	8,3	8,7	9,2	9,9	11,1	13,1
	6	5,10	21,2	16,6	17,4	18,4	19,8	22,2	26,2
	9	7,65	31,8	24,9	26,1	27,6	29,7	33,3	39,3
	10	8,50	35,3	27,7	29,0	30,7	33,0	37,0	43,7
	12	10,20	42,4	33,2	34,8	36,8	39,6	44,4	51,7
	15	12,70	53,0	41,5	43,5	46,0	49,5	55,5	65,3
	18	15,30	63,6	49,8	52,2	55,2	59,4	66,6	78,6
	21	17,00	74,2	58,1	60,9	64,4	69,3	77,7	91,7
	24	19,50	84,8	66,4	69,6	73,8	79,2	88,8	104,8
	27	22,00	95,4	74,7	78,3	82,8	89,1	99,9	117,9
	30	24,40	105,9	83,1	87,0	92,1	99,0	111,0	131,1
	33	27,00	116,4	91,4	95,7	101,3	108,9	122,1	144,2
	36	29,00	127,0	99,7	104,4	110,4	118,8	133,2	157,3
	39	31,40	137,5	107,9	113,1	119,6	128,7	144,3	170,3
	42	34,00	148,1	116,2	121,8	128,8	138,6	155,4	183,4
INZP...10/IS E INZ...10/IS (Rise Pole)	3	2,55	9,6	7,6	7,9	8,4	9,0	10,1	11,9
	6	5,10	19,3	15,1	15,8	16,7	18,0	20,2	23,8
	9	7,65	28,9	22,7	23,8	25,1	27,0	30,3	35,8
	10	8,40	32,1	25,2	26,4	27,9	30,0	33,7	39,8
	12	10,20	38,6	30,2	31,7	33,5	36,0	40,4	47,7
	15	12,70	48,2	37,8	39,6	41,9	45,0	50,5	59,6
	18	15,30	57,9	45,3	47,5	50,2	54,1	60,6	71,5
	21	17,00	67,5	52,9	55,4	58,6	63,1	70,7	83,4
	24	19,50	77,2	60,4	63,3	67,0	72,1	80,8	95,4
	27	22,00	86,8	68,0	71,3	75,3	81,1	90,9	107,3
	30	24,40	96,4	75,6	79,2	83,8	90,1	101,0	119,3
	33	27,00	105,9	83,2	87,1	92,2	99,1	111,1	131,2
	36	29,00	115,5	90,7	95,0	100,4	108,1	121,2	143,1

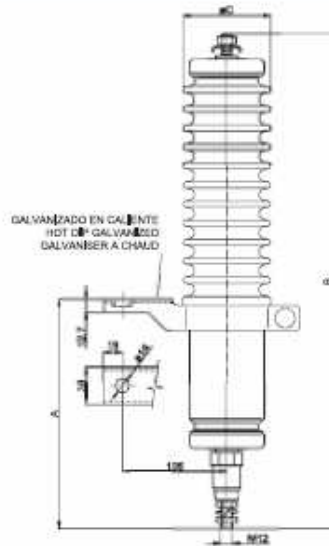
¹⁾ Máxima tensión residual para un impulso de corriente de amplitud igual a 10 kA que produce una cresta en la onda de tensión de 0,5 µs.

¹⁾ The equivalent front-of-wave is the maximum discharge voltage for a 10 kA impulse current wave which produces a voltage wave cresting in 0,5 µs.

¹⁾ Tension résiduelle maximale pour un choc de courant d'une amplitude égale à 10 kA qui produit une crête dans l'onde de tension de 0,5 µs.

Pararrayos para sistemas de distribución
Metal oxide distribution class surge arresters
Parafoudre pour systemes de distribution

Dimensiones de pararrayos INZ
Dimensions for arresters INZ
Dimensions des parafoudres INZ



Tipo Type	Ur kV	Dimensiones Dimensions mm			Línea de fuga Creepage distance mm	Peso Weight Pods kg
		A	B	C		
INZ 03 10	3	190	279	90	95	3,5
INZ 06 10	6	194	321	90	163	4,5
INZ 09 10	9	199	384	90	266	5,1
INZ 10 10	10	199	384	90	266	5,1
INZ 12 10	12	234	458	90	335	5,7
INZ 15 10	15	253	516	90	404	6,4
INZ 18 10	18	263	563	90	472	7,1
INZ 21 10	21	268	607	90	541	7,8
INZ 24 10	24	280	667	90	678	8,1
INZ 27 10	27	280	667	90	678	8,4
INZ 30 10	30	280	737	102	930	10,7
INZ 33 10	33	280	737	102	930	11,1
INZ 36 10	36	280	737	102	930	11,5

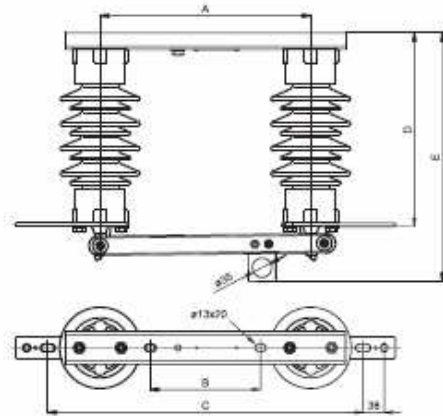
Pararrayos INZ
Arresters INZ
Parafoudre INZ

Pararrayos INZP
Arresters INZP
Parafoudre INZP



SECCIONADOR UNIPOLAR

Seccionador unipolar de exterior SU 1.110
Single pole outdoor disconnect
Sectionneur unipolaire d'extérieur



Características

Characteristics

Caractéristiques

Tipo Type Type	U _y kV *	I _{th} kA	I _t A	Dimensiones Dimensions Dimensions mm					Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm	Carga rotura Failing load Charge rupture N	Peso Weight Poids kg
				A	B	C	D	E			
SU 1.110	17.5	15	400 0 630	332	200	522	454	356	625	3.000	16
	24			382	200	572	454	356	625		18
	28			410	270	600	569	456	925	2.500	24
	36			480	270	670	569	456	925		26

* Ver tabla 1 para datos dieléctricos.

* See table 1 for dielectric data.

* Voir tableau n° 1 de données diélectriques.

SECCIONADOR TRIPOLAR

Aparato básico

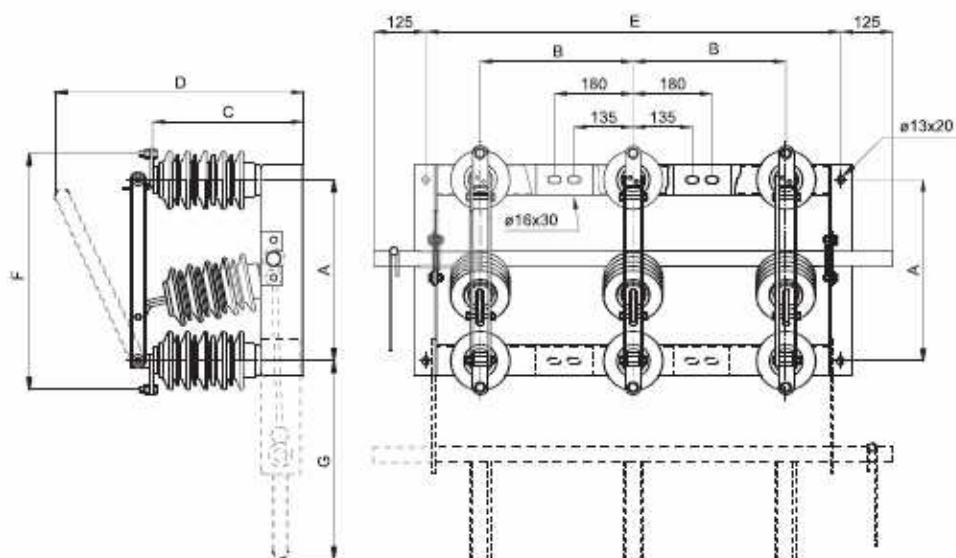
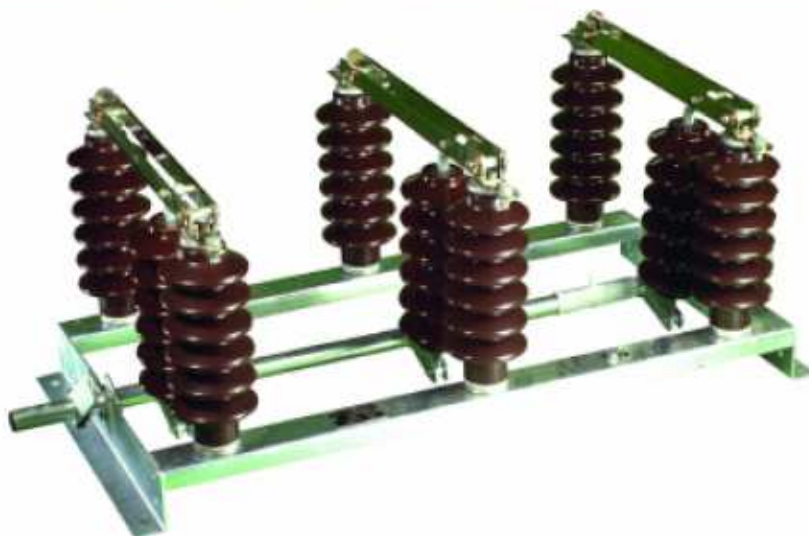
Basic switchgear

Aparatage basique

Seccionadores tripolares de exterior 3,900 CR y 3,900 CN

Outdoor three pole disconnectors 3,900 CR and 3,900 CN

Sectionneurs tripolaires d'extérieur 3,900 CR et 3,900 CN



Los seccionadores tripolares están diseñados básicamente, para montaje vertical. Se pueden incorporar o conformar, entre otros, los siguientes elementos:

- Portatfusibles.
- Puesta a tierra con enclavamiento que impide conectar las tierras con el aparato cerrado o cerrar el aparato con la tierra conectada.
- El seccionador de tierra puede colocarse a la entrada o a la salida del seccionador principal.
- El seccionador de P.T. se acciona con un mando independiente al del seccionador principal.
- Los ejes de maniobra pueden colocarse a derecha o izquierda del aparato.
- Los ejes de maniobra pueden prolongarse 250, 500, 750 y 1.000 mm., estos prolongadores incluyen un soporte que evita la flexión de la citada prolongación.
- Los seccionadores de exterior presentan taladros que permiten su fijación directa a una columna metálica, o a un bastidor que previamente haya sido colocado en cualquier tipo de columna.

The three pole disconnectors are mainly designed for a vertical mounting. The following elements could be changed or incorporated:

- Fuseholder.
- Earthing connection with locking device to prevent the connection to earth when the disconnecter is closed or to close the device when the earth is connected.
- The earthing disconnecter can be placed in the entrance or exit of the main switch.
- The earth disconnecter is operating by means of an independent control.
- The operating axis could be placed at left or right side.
- The operating axis could be extending until 250, 500, 750 or 1000mm, these extensions includes a support to avoid it bend down.
- The outdoor units are provided with different drills to permit the direct fixing to a post or to a frame previously fix to a post.

Les sectionneurs tripolaires ont été conçus pour un montage principalement vertical. On peut y incorporer ou changer les éléments suivants:

- Base portefusibles.
- Mise à terre avec enclavement.
- Le sectionneur de terre peut se placer à l'entrée ou à la sortie du sectionneur principal.
- Le sectionneur est actionné avec sa commande indépendante.
- Les axes de manoeuvre peuvent se placer au droite ou à gauche.
- Les axes de manoeuvre peuvent se prolonger 250, 500, 750 y 1.000 mm., ces prolongateurs sont équipés d'un support qui évite la flexion de la dite prolongation.
- Les sectionneurs d'extérieur présentent des orifices qui permettent leur fixation directe à la colonne métallique ou à un châssis qui a été placé au préalable sur n'importe quel type de colonne.

Características

Characteristics

Caractéristiques

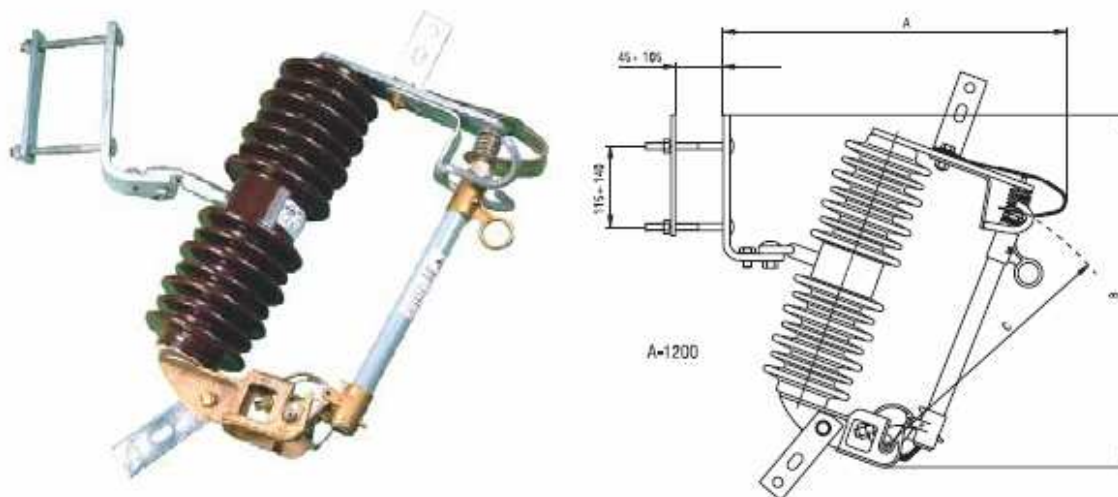
Tipo Type Type	U _i kV	I _b A	Dimensiones Dimensions Dimensions mm							Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm	Carga rotura Failing load Charge rupture N	Peso Weight Poids kg	Volumen Volume Volume m ³
			A	B	C	D	E	F	G				
3900 ON	17.5	400 ø 630	415	300	310	621	830	525 550	404	495	3.000	71	0.33
	24		440	350	360	707	950	550 575	454	585		72	0.62
	28		465	400	400	735	1050	575 600	500	630		85	0.77
	36		520	450	440	865	1150	630 655	541	800		86	0.93
3900 ON	17.5	400 ø 630	415	300	325	636	850	525 550	419	375	1.500	71	0.49
	24		440	350	373	720	950	550 575	467	475		72	0.62
	28		465	400	405	740	1050	575 600	508	540		85	0.77
	36		520	450	445	870	1150	630 655	540	625		86	0.93

* Ver tabla 1 para datos eléctricos.

* See table 1 for electric data.

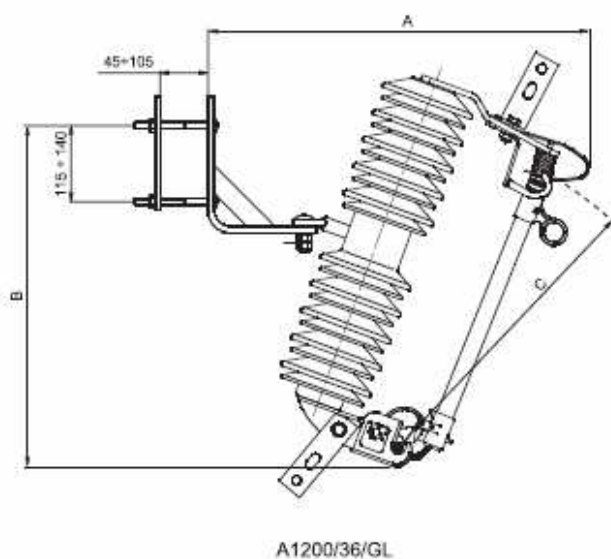
* Voir tableau n° 1 des données électriques.

CORTACIRCUITOS FUSIBLES



Dimensiones
Dimensions
Dimensions

Tipo Type Type	Código Code Code	Ur kV	Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm.	Dimensiones - Dimensions - Dimensions mm.			Peso Weight Poids kg
				A	B	C	
A-1000	3A151000	15	300	420	450	275	9,4
A-1200	3A241000	24	480	507	495	330	13,3
A-1200/36	3A301000	36	744	600	570	463	14,3
A-1200/36/GL	3A36100L	36	860	600	570	463	15,1



CADENA DE AISLADORES



LA GRANJA

MODELOS ESTANDAR TENSIONES DE CONTORNEO										CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS CADENAS DE CONFORMIDAD CON LAS NORMAS CEI 383 y BS 137 PARTE 1																			
										kV																			
ØxP: 175 x 100 mm					ØxP: 255 x 127 mm					ØxP: 255 x 146 mm					ØxP: 280 x 146 mm					ØxP: 280 x 170 mm					ØxP: 320 x 195 mm				
N°	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D					
1	55	36	74	80	78	45	105	110	78	45	105	110	80	50	110	115	80	50	120	125	90	60	120	140					
2	102	62	140	150	130	80	215	215	140	80	210	220	140	80	220	230	140	85	235	230	165	90	260	250					
3	145	85	200	215	180	115	300	290	195	120	310	310	195	120	320	310	200	120	330	315	235	135	370	350					
4	185	115	260	280	225	150	380	355	245	155	390	375	250	155	400	380	260	160	415	400	300	180	465	440					
5					270	185	440	420	260	195	470	445	295	195	480	455	310	205	500	485	360	220	560	550					
6					310	215	510	480	340	235	550	525	350	235	560	535	365	245	590	575	420	260	650	645					
7					350	250	580	545	390	270	625	605	400	270	635	615	415	285	680	665	480	300	740	740					
8					395	290	650	610	435	310	700	685	450	310	710	695	470	325	755	745	535	345	830	835					
9					435	325	710	685	485	345	775	760	500	345	790	775	515	360	840	830	590	390	920	930					
10					475	360	780	750	530	380	850	835	545	380	865	850	570	400	925	920	645	430	1010	1025					
11					515	390	845	815	575	415	920	915	590	415	935	930	615	435	1000	1000	700	470	1100	1120					
12					555	410	900	885	620	450	995	995	635	455	1010	1010	660	470	1085	1080	755	505	1160	1215					
13					595	440	965	955	660	485	1065	1070	675	490	1085	1090	710	500	1165	1170	805	545	1280	1310					
14					630	470	1030	1025	705	520	1140	1145	720	525	1160	1165	755	540	1250	1260	855	580	1370	1405					
15					670	500	1100	1090	745	555	1210	1225	765	560	1230	1245	800	575	1330	1340	905	620	1460	1500					
16					705	525	1160	1160	785	585	1280	1295	805	590	1300	1315	840	610	1410	1425	955	655	1550	1595					
17					740	550	1230	1230	830	620	1355	1375	850	625	1375	1395	880	645	1490	1510	1005	695	1640	1690					
18					780	575	1290	1290	870	650	1425	1455	890	655	1450	1480	920	680	1570	1600	1055	730	1730	1785					
19					815	600	1360	1360	910	665	1500	1530	930	690	1525	1555	960	715	1650	1680	1105	765	1820	1880					
20					850	625	1420	1425	950	715	1570	1605	970	725	1595	1630	1000	745	1730	1760	1155	800	1910	1975					
21					885	650	1485	1490	990	750	1640	1680	1010	760	1665	1705	1040	775	1810	1850	1205	840	1995	2065					
22					920	675	1550	1560	1030	780	1710	1755	1050	790	1740	1785	1080	810	1885	1920	1255	875	2080	2155					
23					955	700	1610	1630	1070	815	1780	1830	1090	825	1810	1860	1120	840	1965	2000	1305	910	2185	2245					
24					990	725	1675	1700	1110	845	1850	1905	1130	855	1880	1935	1160	875	2045	2080	1355	945	2250	2335					
25					1025	750	1740	1770	1150	875	1920	1980	1170	885	1950	2010	1200	905	2125	2160	1405	975	2335	2425					

A. Frecuencia Industrial en seco

B. Frecuencia industrial bajo lluvia

C. 50% a impulso tipo rayo (+) 1,2/50

D. 50% a impulso tipo rayo (-) 1,2/50

AISLADORES



CLASIFICACIÓN DE LOS AISLADORES SUSPENDIDOS FABRICADOS POR SGD LA GRANJA

Norma IEC

Resistencia mecánica KN CEI-305	Unión normalizada CEI-120	Tipo de Aisladores				
		estándar	Anticontaminación		Aerodinámico	esférico
40	11	E 40				E 40 R
70	16A	E 70	E 70 P	E 70 PP		E 70 R
100	16A	E 100	E 100 P	E 100 PP	E 100 D	E 100 R
120	16A	E 120	E 120 P	E 120 PP	E 120 D	E 120 R
160	20	E 160		E 160 P	E 160 D	
210	20	E 210		E 210 P		
240	24	E 240		E 240 P		
300	24	E 300		E 300 P		

Norma ANSI (Caperuza y vástago)

Resistencia electromecánica KN (lb) ANSI C.29.2	Clase	Tipo	Tipo de Aisladores			
			Estándar	Anticontaminación		
70 (15000)	52-3	B	NB 70			
100 (22000)	-	B	NB 100	NB 100 P	NB 100 PP	
120 (25000)	52-5	K	NJ 120	NJ 120 P	NJ 120 PP	
160 (36000)	52-8	K	NK 160		NK 160 P	
220 (50000)	52-11	K	NK 220			

Norma ANSI (Horquilla - lengüeta)

Resistencia electromecánica KN (lb) ANSI C.29.2	Clase	Tipo	Tipo de Aislador
			Estándar
70 (15000)	52-3		CT 70
100 (22000)	-		CT 100
120 (25000)	52-6		CT 120

Norma BS

Resistencia mecánica KN BS-137	Unión normalizada CEI-120	Tipo de Aislador
		estándar
70	16B	E 70W
100	16B	E 100W
125	20	E 125W



LA GRANJA

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

Norma IEC

Aisladores estándar

Carga mínima de rotura mecánica KN 40 70

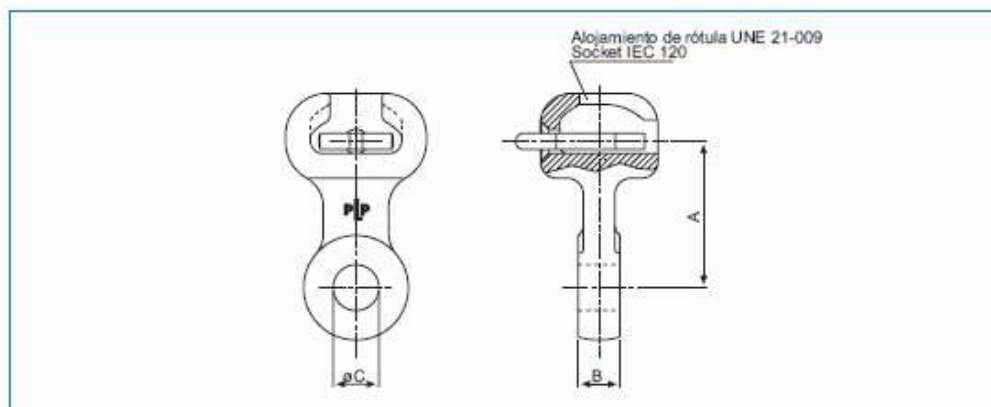


Carga rotura mecánica (KN)		40			70	
Modelo catálogo		E-40-100	E-40-110	E-40E-110	E-70-127	E-70-146
Clase IEC-305		U40B			U70BS	U70BL
Datos Dimensionales	Paso (P) mm.	100	110	110	127	146
	Diámetro (D) mm.	175	175	255	255	255
	Línea de fuga mm.	185	185	320	320	320
	Unión normalizada IEC 120	11	11	11	16A	16A
Valores eléctricos	Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (KV)	50	50	70	70	70
	bajo lluvia (KV)	32	32	40	40	40
	Tensión soportada a impulso de choque en seco (KV)	70	70	100	100	100
	Tensión de perforación en aceite (KV)	110	110	130	130	130
Información de embalaje	Peso neto aproximado por unidad (Kg.)	1,65	1,65	3,2	3,4	3,4
	embalaje n° de un/ caja madera	6	6	6	6	6

Los ensayos y tolerancias en dimensiones están de acuerdo con las normas CEI 383 y CEI 305



RÓTULA



FORJA

Materia: acero forjado; galvanizado en caliente
Raw Material: forged steel; hot deep galvanised

Código
Code

Referencia
Reference

FORGED

Dimens. Aprox. (mm.)
A B ØC

Carga Rotura
Breaking Load

Peso aprox. Kg.
Approx. weight

58800501

R-11

48

16

17,5

6.000

0,30

58800505

R-11A-M20

48

22

22,0

6.000

0,35

58800503

R-16A/16

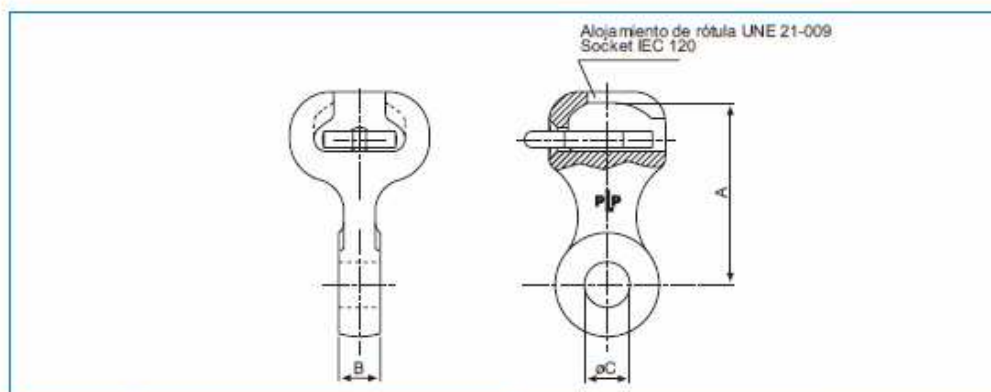
60

16

17,5

8.500

0,50



FUNDICIÓN

Materia: fundición acero; galvanizado en caliente
Raw Material: cast iron; hot deep galvanised

Código
Code

Referencia
Reference

CAST

Dimens. Aprox. (mm.)
A B ØC

Carga Rotura
Breaking Load

Peso aprox. Kg.
Approx. weight

58800111

R-11

55,5

16

17,5

5.500

0,30

58800112

R-11A/22

55,5

22

17,5

5.500

0,35

58800114

R-16A/16

71,0

16

17,5

9.000

0,50

58800115

R-16A/22

71,0

22

17,5

9.000

0,60

58800117

R-11A-M20

55,5

22

22,0

5.500

0,35

58800118

R-16A-M20

71,0

22

22,0

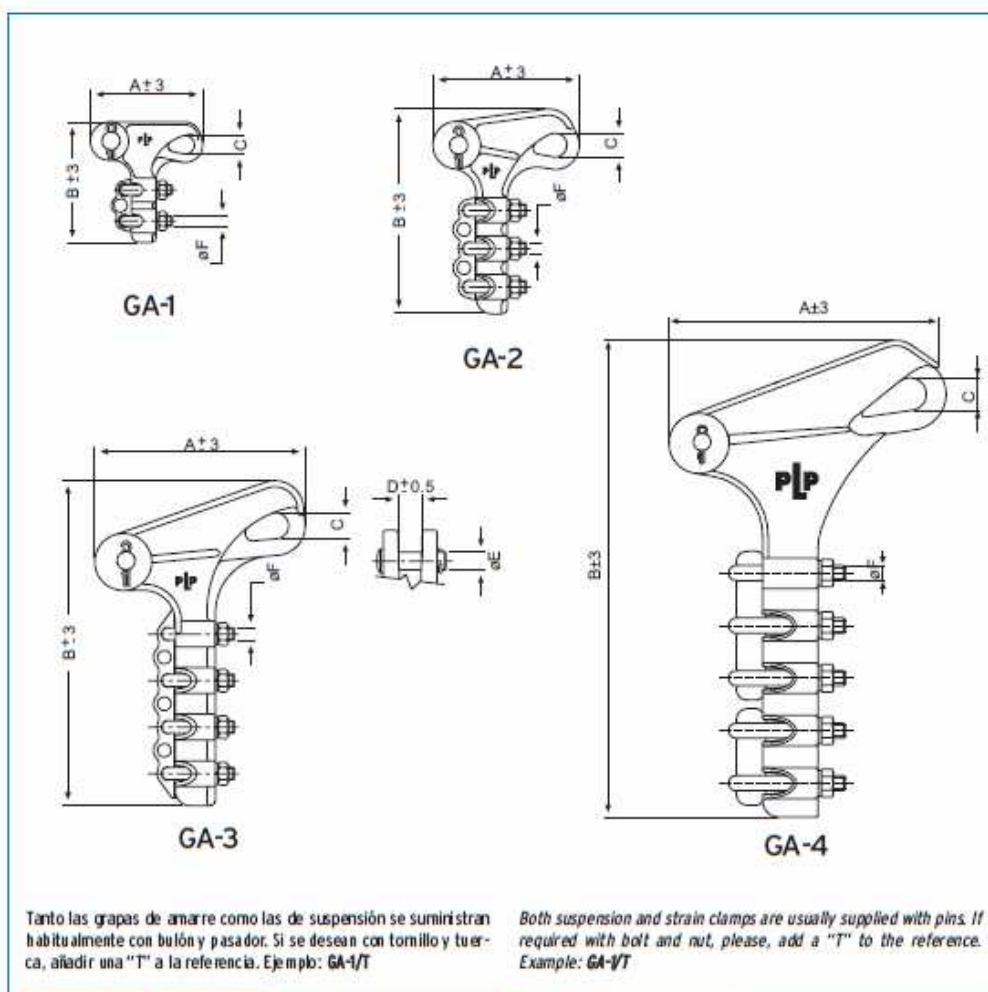
9.000

0,60

Apresa-PLP Spain se reserva el derecho de modificar el diseño de estas piezas sin previo aviso

Apresa-PLP Spain reserves the right to change the design of these products without notice

GRAPA

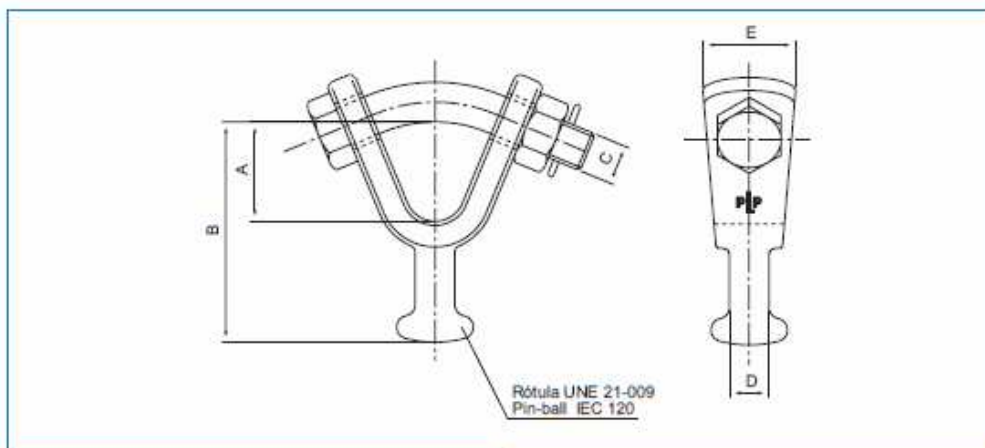


GRAPAS DE AMARRE										STRAIN CLAMPS			
Código	Reference	# Cond.	Dimens. Aprox. (mm)						Abrazones		Carga rotura mínima (daN)		Peso
			A	B	C	D	ØE	ØF	Cantidad	Resca Apriete Ømm	De la grapa	De la anilla	aprox. Kg.
Code	Reference		A	B	C	D	ØE	ØF	Qty	U bolt Throat Torque	Minimum breaking load Of the clamp	Minimum breaking load Of the eye	Aprox. weight. Kg.
58800305	GA 1	6/10	108	117	18	19	16	10	2	M-10 30	3500	800	0.45
58800306	GA 2	10/16	140	198	23	21	16	12	3	M-12 50	6000	2000	1.00
58800307	GA-2/20	10/16	140	198	23	21	20	12	3	M-12 50	6000	2000	1.00
58800310	GA 3	16/20	210	314	25	23.5	16	12	4	M-12 50	8500	3000	1.85
58800312	GA-22	16/22.1	210	314	25	23.5	16	12	4	M-12 50	9500	3000	1.85
58800316	GA-4	20/31	247	436	30	34	16	14	5	M-14 80	11500	3000	3.5

Apresa-PLP Spain se reserva el derecho de modificar el diseño de estos productos sin previo aviso

Apresa-PLP Spain reserves the right to change the design of these products without notice

HORQUILLA DE BOLA

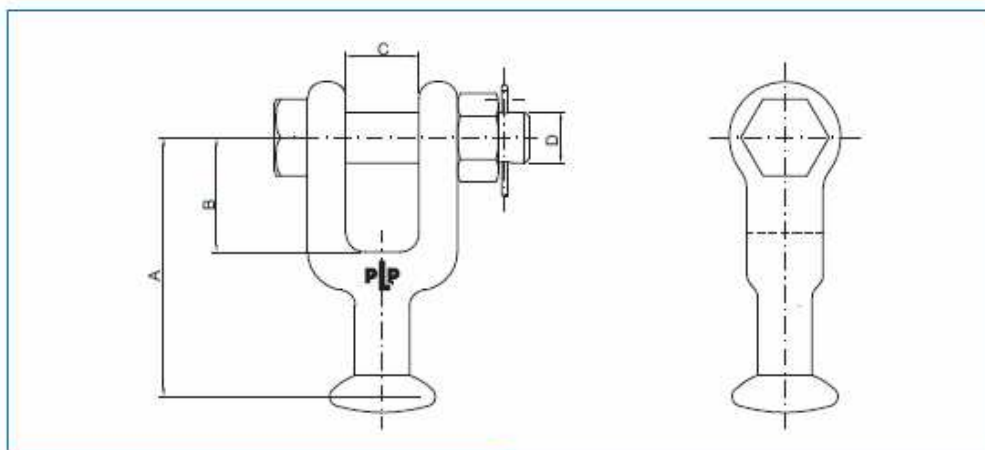


HORQUILLA BOLA

BALL CLEVIS

Materia: acero forjado; galvanizado en caliente
Raw Material: forged steel; hot deep galvanised

Código Code	Referencia Reference	A	B	ØC	ØD	E	Carga a Rotura Breaking Load	Peso aprox. Kg. Approx. weight
58800120	HB-11	30	66.0	M12	11.9	28	6.000	0.30
58800130	HB-16	36	80.5	M16	17.0	42	12.500	0.60



HORQUILLA BOLA PARALELA

BALL CLEVIS HBP-16-T

Materia: acero forjado; galvanizado en caliente
Raw Material: forged steel; hot deep galvanised

Código Code	Referencia Reference	A	B	C	D	Carga a Rotura Breaking Load	Peso aprox. Kg. Approx. weight
58800129	HBP-16-T	81	36	23	16	13500	0.60
58800128	HBP-20-T	91	42	24	18	18000	0.75

Apresa-PLP Spain se reserva el derecho de modificar el diseño de estas piezas sin previo aviso

Apresa-PLP Spain reserves the right to change the design of these products without notice

APOYOS



SERIE NORMA UNE 207017 TIPO C

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las torres de esta serie han sido diseñadas en cumplimiento a las especificaciones indicadas en la NORMA UNE 207017 (antigua RECOMENDACIÓN UNESA 6704-A), habiendo pasado con éxito todos los ensayos prescritos en la norma.

La serie se compone de siete familias:

C-500/C-1000/C-2000/C-3000/C-4500/C-7000/C-9000

Los apoyos están formados por:

- Cabeza: prismática de sección cuadrada con siete campos de 600 mm. taladrada para adosar las crucetas en diferentes combinaciones. Forma un cuerpo único soldado.
- Fuste: tronco piramidal, de sección cuadrada, formado por distintos tramos según la altura a conseguir. Cada tramo se compone de cuatro montantes de longitud en torno a los 4 m. unidos por celosía sencilla atornillada.
- Armados: se realizan a partir de semicrucetas atornilladas de diferente longitud, lo que permite una amplia variedad de combinaciones.

Nuestros Departamentos Técnico y Comercial les pueden ampliar cualquier información que precisen.

2. ESFUERZOS ÚTILES

Los esfuerzos que soportan las torres según UNE 207017, se especifican en el cuadro adjunto en Kg, no obstante, pueden soportar mayores esfuerzos que no se indican por no ajustarse a la norma.

Tipo	C-500	C-1.000	C-2.000	C-3.000	C-4500	C-7.000	C-9.000
Esfuerzo útil (C.S. = 1,5)	510	1020	2039	3058	4587	7136	9175
Hielo (C.S. = 1,5)	719	1179	2270	3299	4871	7519	9378
Desequilibrio (C.S. = 1,2)	903	1482	2831	4113	6078	9419	11739
Torsión (C.S. = 1,2)	510	714	1427	1427	1427	2549	2549
Rotura Protección (C.S. = 1,2)	830	1350	2605	3630	4270	4270	4270
Esfuerzo Vertical	612	612	612	816	816	1222	1222

- Esfuerzo útil (C.S. = 1,5): Esfuerzo horizontal disponible en el extremo superior de la cabeza con coeficiente de seguridad 1,5 y aplicado simultáneamente con viento sobre la torre de 120 km/h y cargas verticales según cuadro.
- Hielo (C.S. = 1,5): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Desequilibrio (C.S. = 1,2): Esfuerzo horizontal disponible en punta de cabeza sin viento, simultáneo con las cargas verticales especificadas.
- Torsión (C.S. = 1,2): Esfuerzo horizontal disponible aplicado en el extremo de una cruceta de 1,5 m. de longitud situada en punta de cabeza con coeficiente de seguridad 1,2 simultáneo con las cargas verticales especificadas en el cuadro.
- Rotura de Protección (C.S. = 1,2): Esfuerzo máximo por rotura de cable de protección aplicado en una cúpula de 1,5 m.



3. ALTURAS Y PESOS

Las diferentes alturas se consiguen a base de unir cabeza con diferentes tramos y anclaje correspondiente, de forma que los tramos siempre son comunes.

En el cuadro adjunto se dan las alturas totales (HT) y alturas desde punta de cabeza (HPC) a suelo para cimentaciones en terreno normal ($k = 12$), para otros tipos de terreno, la altura desde punta de cabeza se deduce acorde a la diferencia de profundidades de su respectiva cimentación respecto a la de terreno normal. (Ver cuadro de cimentaciones).

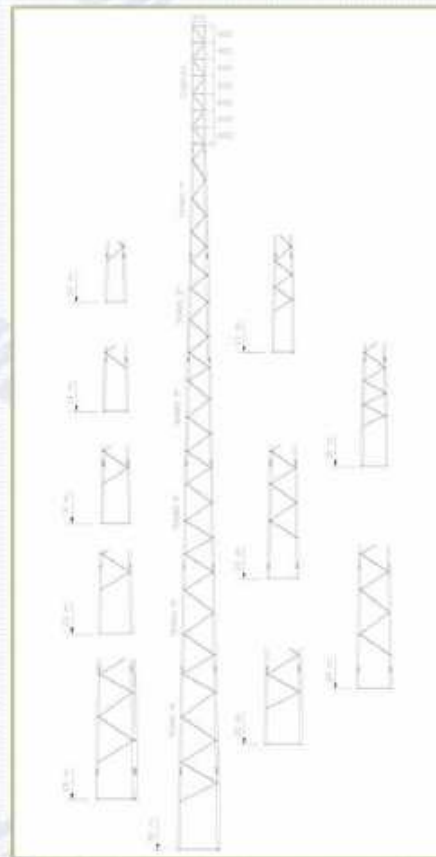
A partir de estas alturas pueden obtenerse las útiles de los apoyos sumando o restando la cota "b" del armado elegido.

Existe una cabeza más larga que las anteriormente indicadas, denominadas Cabezas Largas, en las que la cota "b" es de 2,40 m. Los esfuerzos que soportan los apoyos con esta cabeza son los que corresponden a los armados con cabeza de $b = 1,20$ m. para cada una de las hipótesis.

Nota: Nuestro Departamento Técnico desarrolla cualquier altura no contemplada en este catálogo.

A continuación se relacionan los pesos totales en Kg. de las distintas torres galvanizadas, compuestas por cabeza y fuste, con su tornillería.

ALTURA NOMINAL		ESFUERZOS						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	HPC	8,8	8,37	8,29	8,1	7,7	...	...
	Peso	242	263	397	486	623	...	...
12	HPC	10,75	10,31	10,04	10,04	9,63	9,77	9,61
	Peso	301	325	479	592	764	1147	1295
14	HPC	12,71	12,28	12,14	11,8	11,59	11,75	11,59
	Peso	356	400	582	719	946	1352	1533
16	HPC	14,67	14,24	14,09	13,86	13,53	13,75	13,59
	Peso	413	461	682	866	1097	1593	1805
18	HPC	16,65	16,21	16,12	15,73	15,52	15,75	15,58
	Peso	472	544	804	991	1304	1795	2090
20	HPC	18,44	18,2	18,1	17,71	17,5	17,75	17,58
	Peso	541	624	921	1149	1513	2053	2413
22	HPC	20,6	20,16	20,07	19,68	19,47	19,75	19,58
	Peso	630	722	1040	1304	1717	2321	2691
24	HPC	22,58	22,14	22,05	21,65	21,44	21,75	21,58
	Peso	715	815	1169	1472	1904	2598	3023
26	HPC	24,35	24,32	24,04	23,72	23,44	23,75	23,58
	Peso	780	916	1296	1639	2149	2936	3322
28	HPC	26,53	26,11	26,01	25,62	25,41	25,75	25,58
	Peso	872	1008	1440	1804	2384	3279	3723
30	HPC	28,32	28,29	27,83	27,61	27,41	27,59	27,58
	Peso	940	1116	1570	1956	2593	3575	4062



4. ARMADOS

Serie
UNE 207017
Tipo C Atomillada
R.D. 223/2008

Tipo "L"

Tipo "T"

Tipo "S"

Tipo	Peso (Kg)		
	a (m)	500/4.500	7.000/9.000
L0	1,00	30	56
L1	1,25	36	74
L2	1,50	42	104
L3	1,75	46	114
L4	2,00	66	128

Tipo	Peso (Kg)			
	a (m)	b (m)	500/4.500	7.000/9.000
T0	1,00	0,60	30	56
T1	1,25	0,60	36	74
T2	1,50	0,60	42	104
T3	1,75	1,20	46	114
T4	2,00	1,80	66	128

Tipo	Peso (Kg)				
	a (m)	b (m)	c (m)	500/4.500	7.000/9.000
S0	1,00	1,20	1,25	48	98
S1	1,25	1,20	1,50	57	126
S2	1,50	1,20	1,75	65	161
S21	1,50	1,80	1,75	65	161

Tipo "N"

Tipo "B"

Cúpula de tierra

Tipo	Peso (Kg)				
	a (m)	b (m)	c (m)	500/4.500	7.000/9.000
N0	1,00	1,20	1,25	96	186
N1	1,25	1,20	1,50	114	252
N2	1,50	1,80	1,75	130	322

Tipo	Peso (Kg)		
	d (m)	b (m)	500/4500
B1	1,50	0,70	154
B2	2,00	1,00	208
B3	2,50	1,00	241
B4	3,00	0,90	340

Tipo	h (m)	Peso (Kg)
C-500 a C-4500	1,5	27
C-7000 a C-9000	1,5	27

Para otras configuraciones de armados emplearemos un código de cinco dígitos, comenzando con una letra (S o N, en los casos de tresbolillo o doble circuito, respectivamente) seguido de cuatro números correspondientes a las dimensiones de los esquemas anteriores denominados 'b', 'a', 'c' y 'h' y en el mismo orden.

El código seguirá la siguiente estructura:

"Sbach" o "Nbach"

Ejemplo: Tresbolillo, b = 1,2 m.; a = 1 m.; c = 1,5 m; sin cúpula. Su denominación será: S1130

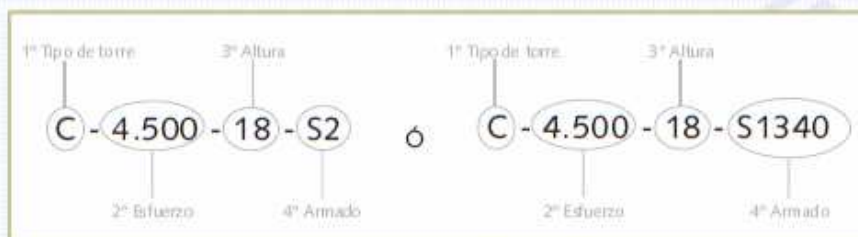
COTAS	CÓDIGOS				
	1	2	3	4	5
b (m)	1,2	1,8	2,4	...	...
a / c (m)	1	1,25	1,5	1,75	2
h (m)	1,5	...	...	...	...



5. DESIGNACIÓN

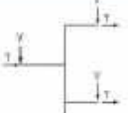
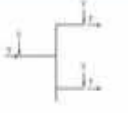

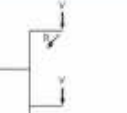
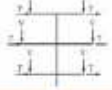
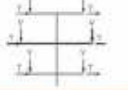

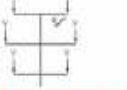
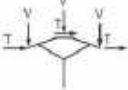
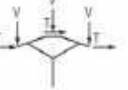
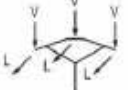

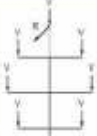
A este tipo de torre se le designa con la letra "C", la cual deberá ir seguido del esfuerzo, altura total y armado requerido

Así una torre de 4.587 Kg. de esfuerzo en punta, 18 m. de altura total y armado trasbolillo tipo S2 se designará de cualquiera de las dos formas siguientes:



6. ESFUERZOS ÚTILES POR FASE EN ARMADOS

	1ª H. VIENTO CS=1,5 con viento					2ª H. HIELO CS=1,5 sin viento					3ª H. DESEQUILIBRIO CS=1,2 sin viento					4ª H. TORSIÓN CS=1,2 sin viento				
ARMADO "L"																				
	L0	L1	L2	L3	L4	L0	L1	L2	L3	L4	L0	L1	L2	L3	L4	L0	L1	L2	L3	L4
C-500	170	170	170	170	170	235	235	235	235	235	300	300	300	300	300	855	835	720	635	565
C-1.000	340	340	340	340	340	390	390	390	390	390	490	490	490	490	490	995	835	720	635	565
C-2.000	680	680	680	680	680	755	755	755	755	755	940	940	940	940	940	2015	1685	1450	1270	1135
C-3.000	1020	1020	1020	1020	1020	1095	1095	1095	1095	1095	1370	1370	1370	1370	1370	2020	1690	1450	1275	1135
C-4.500	1530	1530	1530	1530	1530	1620	1620	1620	1620	1620	2025	2025	2025	2025	2025	2055	1710	1465	1280	1135
C-7.000	2395	2395	2395	2395	2395	2500	2500	2500	2500	2500	3130	3130	3130	3130	3130	3530	2980	2570	2245	1940
C-9.000	3060	3060	3060	3060	3060	3120	3120	3120	3120	3120	3905	3905	3905	3905	3905	3530	2980	2570	2245	1940
ARMADO "T"																				
	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4
C-500	175	175	175	180	185	245	245	245	250	260	310	310	310	315	325	855	835	720	635	565
C-1.000	350	350	350	355	360	405	405	405	425	440	510	510	510	535	555	995	835	720	635	565
C-2.000	690	690	690	700	715	780	780	780	805	830	975	975	975	1005	1045	2015	1685	1450	1270	1135
C-3.000	1040	1040	1040	1050	1070	1135	1135	1135	1175	1210	1410	1410	1410	1460	1510	2020	1690	1450	1275	1135
C-4.500	1560	1560	1560	1590	1615	1675	1675	1675	1730	1780	2085	2085	2085	2160	2215	2055	1710	1465	1280	1135
C-7.000	2460	2460	2460	2525	2595	2590	2590	2590	2660	2730	3240	3240	3240	3335	3425	3530	2980	2570	2245	1940
C-9.000	3200	3200	3200	3260	3320	3280	3280	3280	3435	3530	4110	4110	4110	4290	4395	3530	2980	2570	2245	1940

	1ª H. VIENTO C.S.=1,5 con viento				2ª H. HIELO C.S.=1,5 sin viento				3ª H. DESEQUILIBRIO C.S.=1,2 sin viento				4ª H. TORSIÓN C.S.=1,2 sin viento			
ARMADO "S"																
	S0	S1	S2	S21	S0	S1	S2	S21	S0	S1	S2	S21	S0	S1	S2	S21
C-500	185	185	185	190	260	260	260	275	340	340	340	355	835	720	635	635
C-1.000	365	365	365	375	460	460	460	490	580	580	580	620	835	720	635	635
C-2.000	730	730	730	750	860	860	860	900	1065	1065	1065	1125	1685	1450	1270	1270
C-3.000	1090	1090	1090	1110	1250	1250	1250	1305	1565	1565	1565	1630	1690	1450	1275	1275
C-4.500	1650	1650	1650	1630	1840	1840	1840	1880	2295	2295	2295	2320	1710	1465	1280	1280
C-7.000	2695	2695	2695	2820	2835	2835	2835	2965	3570	3570	3570	3730	2980	2570	2245	2245
C-9.000	3395	3395	3395	3475	3630	3630	3630	3730	4530	4530	4530	4670	2980	2570	2245	2245
ARMADO "N"																
	N0	N1	N2		N0	N1	N2		N0	N1	N2		N0	N1	N2	
C-500	95	95	100		135	135	140		170	170	180		835	720	635	
C-1.000	185	185	190		235	235	245		295	295	310		835	720	635	
C-2.000	370	370	375		435	435	430		545	545	545		1685	1450	1270	
C-3.000	545	545	560		630	630	655		785	785	825		1690	1450	1275	
C-4.500	825	825	805		920	920	925		1150	1150	1160		1710	1465	1280	
C-7.000	1355	1355	1415		1425	1425	1490		1785	1785	1865		2980	2570	2245	
C-9.000	1700	1700	1740		1815	1815	1865		2265	2265	2335		2980	2570	2245	
ARMADO "B"																
	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4	B1	B2	B3	B4
C-500	132	120	120	120	165	153	150	157	206	192	188	197	530	460	450	400
C-1.000	265	247	242	254	300	280	276	288	376	351	345	361	715	550	470	400
C-2.000	529	493	485	508	568	529	520	545	711	662	651	682	1430	1090	940	795
C-3.000	794	740	725	762	834	776	764	800	1043	971	955	1000	1435	1110	960	805
C-4.500	1192	1110	1092	1143	1232	1148	1129	1182	1541	1436	1412	1478	1435	1110	960	805
4ª H. ROTURA PROTECCIÓN C.S.=1,2 sin viento					C-500	C-1000	C-2000	C-3000	C-4500	C-7000	C-9000					
					880	1350	2605	3630	4270	4270	4270					

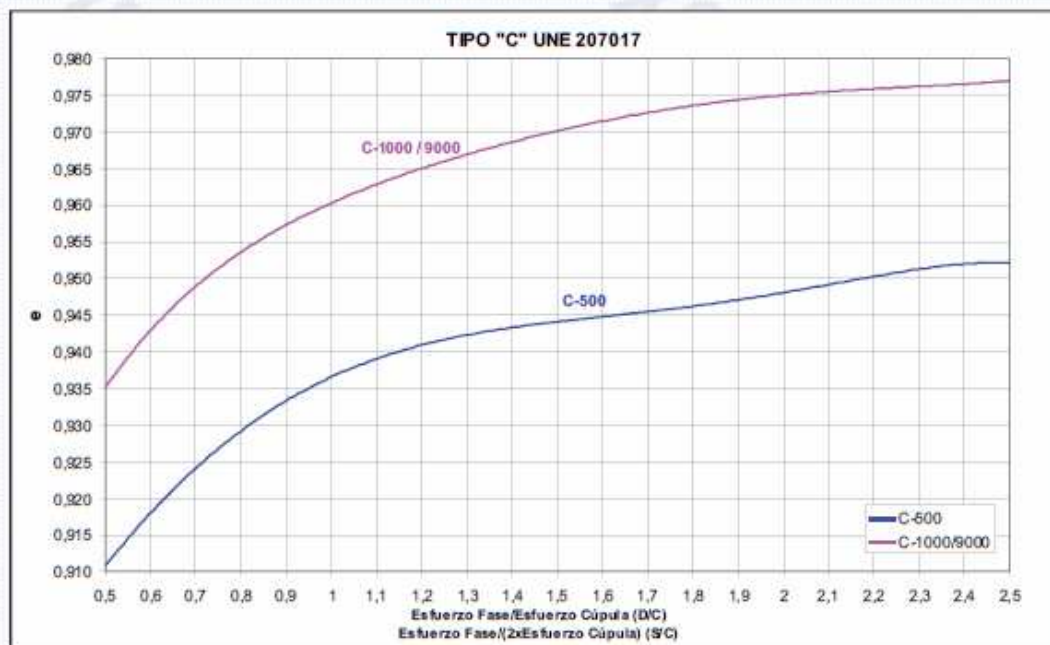


7. ESFUERZO HORIZONTAL QUE SOPORTAN LOS APOYOS CON CÚPULA

A partir de las gráficas siguientes, se pueden determinar cómo afectan al apoyo los esfuerzos transmitidos por el cable de tierra o la fibra óptica según la altura a la que están aplicados.

Conociendo el esfuerzo horizontal de fase y protección de cada hipótesis, podemos obtener un coeficiente que nos permita calcular el esfuerzo necesario para seleccionar correctamente el apoyo.

En el apartado 2.5. de la Introducción de este catálogo se explica la forma de proceder para la obtención de los datos en la gráfica adjunta. En la tabla incluida en el mismo apartado, pueden consultarse con mayor detalle todos los coeficientes de relación fase-cúpula.



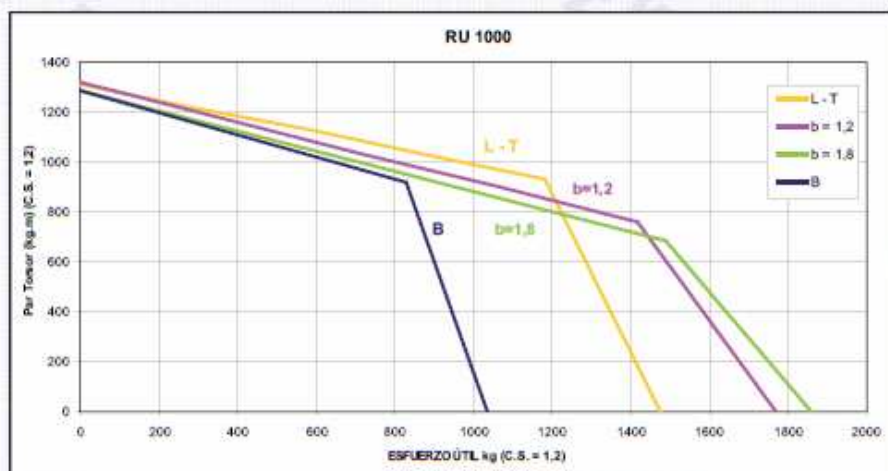
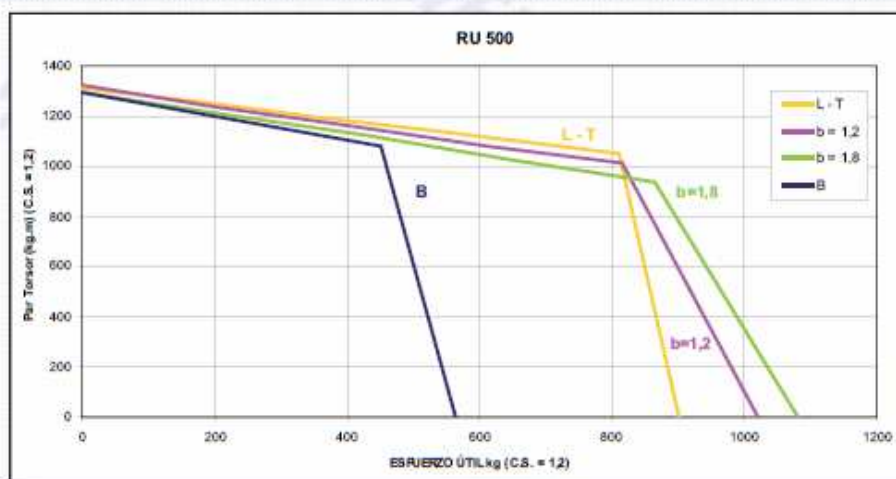
8. ACCIÓN COMBINADA DE ESFUERZO ÚTIL+PAR TORSOR

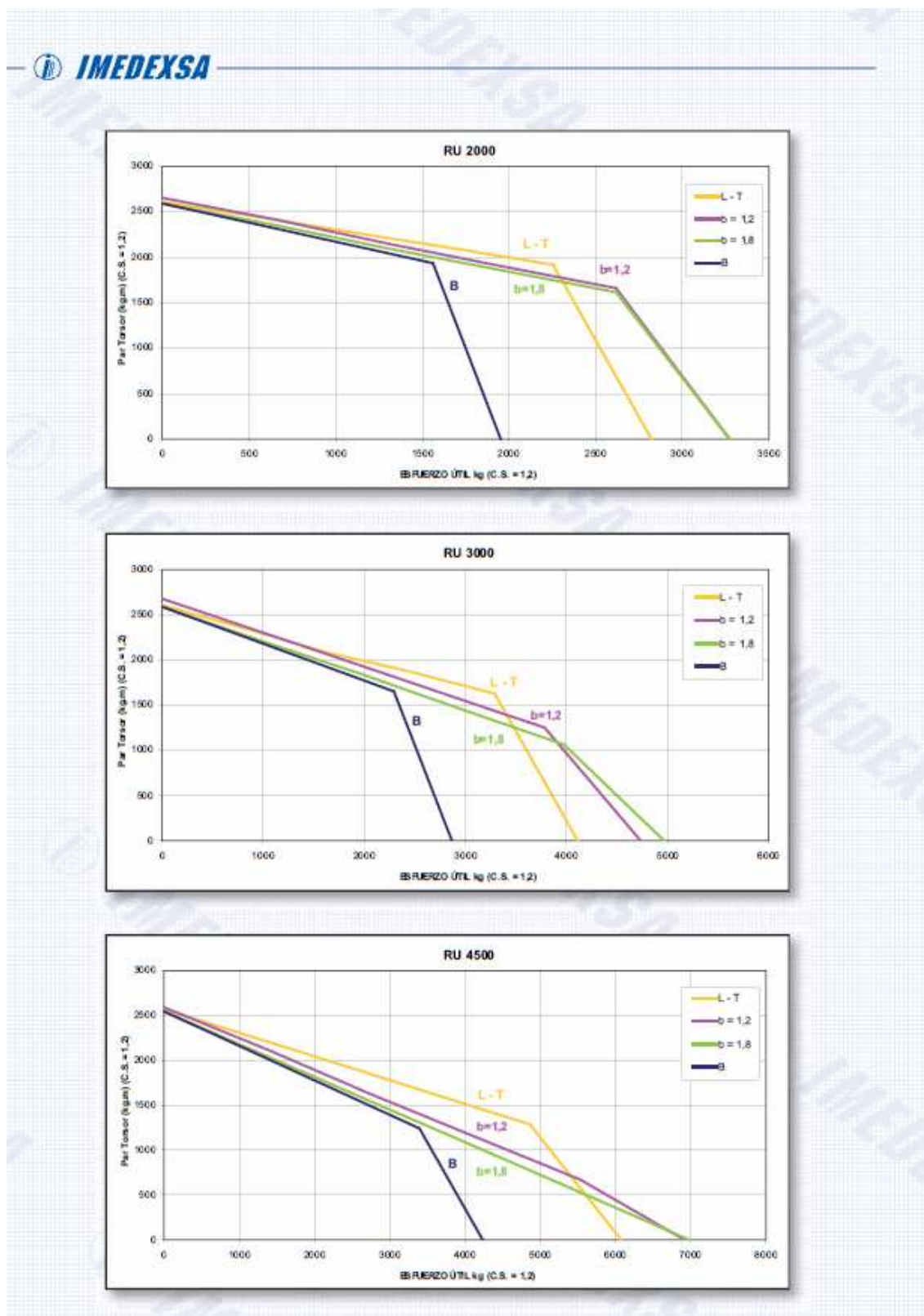
Las siguientes gráficas ayudan a determinar la validez de un apoyo cuando se encuentra sometido a la acción conjunta de torsión y flexión.

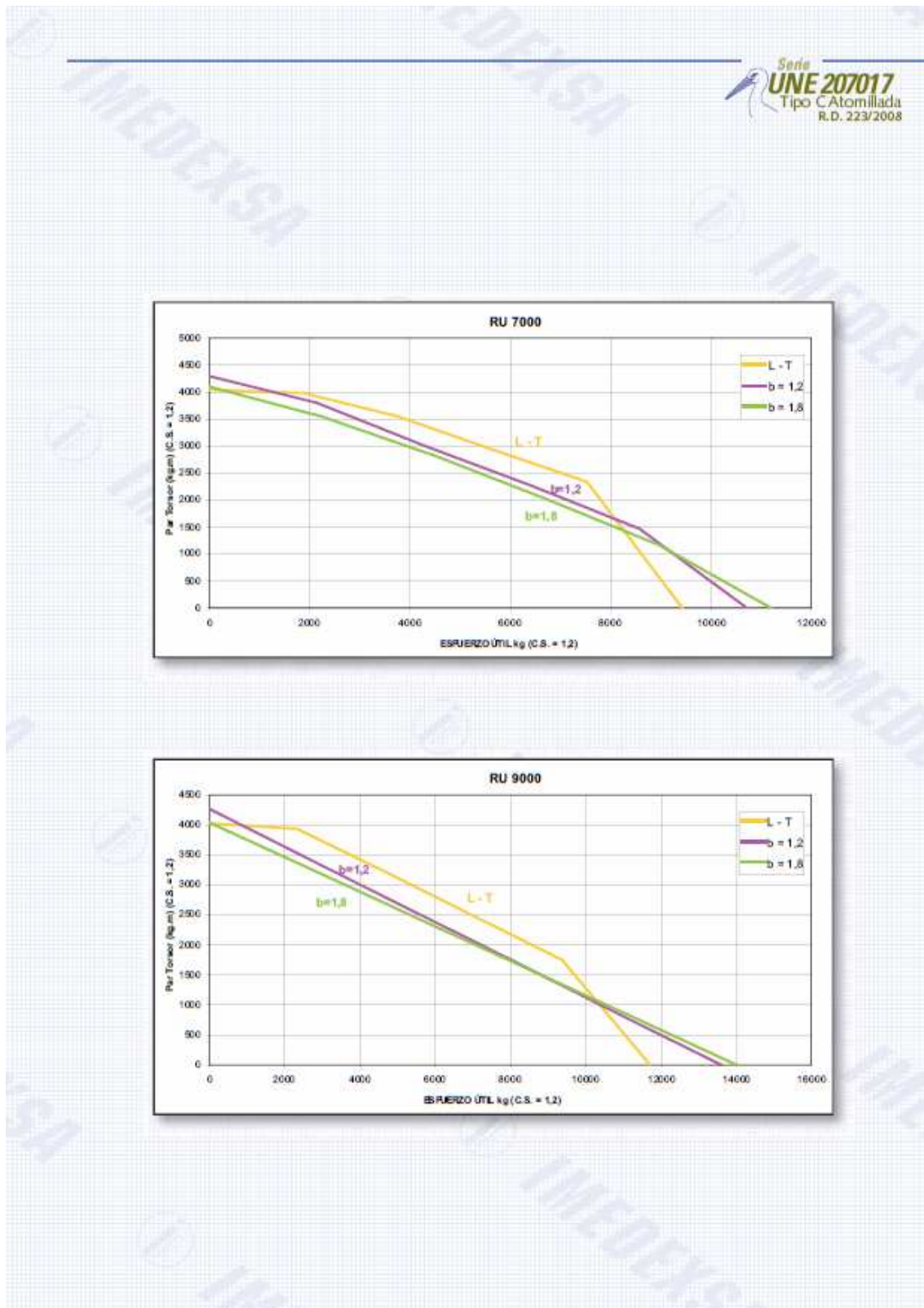
Cada línea representa el Par Torsor máximo soportado por el apoyo coexistente con diferentes esfuerzos útiles, para cada una de las diferentes cabezas.

El coeficiente de seguridad de las gráficas es 1,2.

En el apartado 2.6. de la introducción de este catálogo se explica la metodología de uso de las siguientes gráficas.









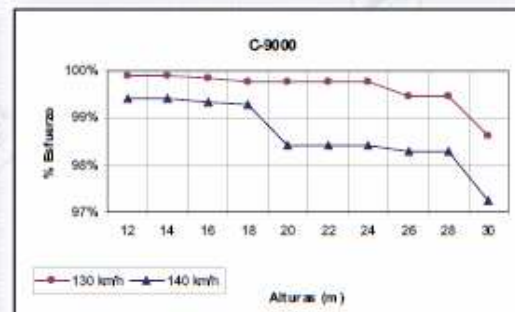
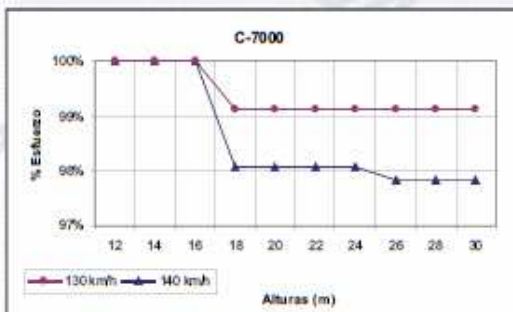
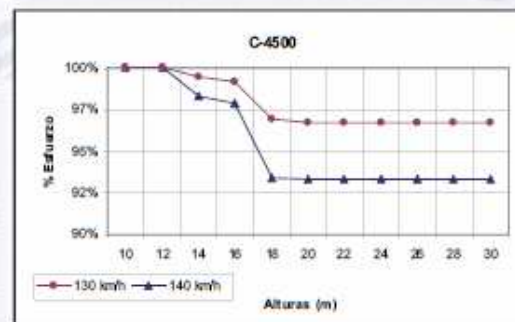
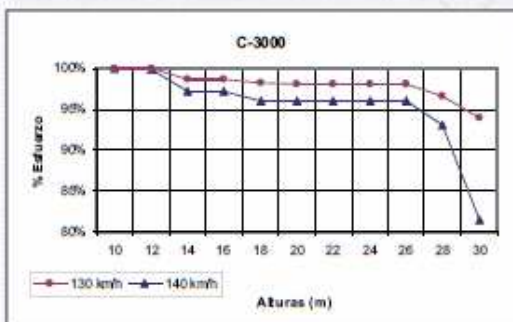
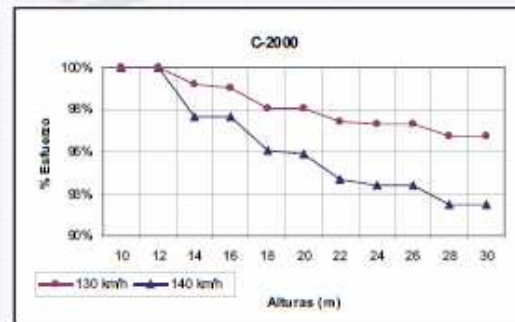
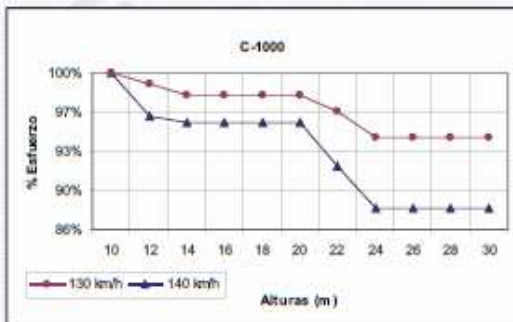
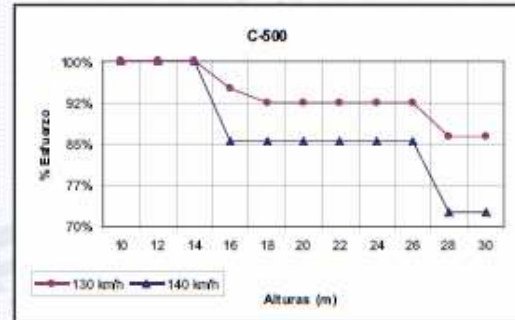
9. ESFUERZO QUE SOPORTAN LOS APOYOS SOMETIDOS A MAYORES VELOCIDADES DE VIENTO (1ª HIPÓTESIS)

En el apartado 6, se expresan los esfuerzos considerados según el Reglamento, para velocidades de viento de hasta 120 km/h.

Sin embargo, cada día es más necesario conocer el comportamiento de los apoyos a velocidades superiores.

En nuestro afán de aportar la mayor información disponible y la mejor utilización de los apoyos, ofrecemos las gráficas para obtener los esfuerzos disponibles considerando velocidades de 130 y 140 km/h. (1ª Hipótesis del Reglamento).

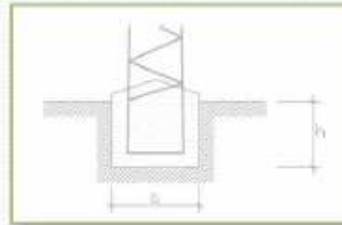
Para velocidades de viento superiores, consulte con el Departamento Técnico de IMEDEXSA.



10. CIMENTACIONES

En el cuadro siguiente se indican las dimensiones y volúmenes aproximados de excavación de este tipo de torres.

Las cimentaciones se han calculado con la fórmula de Sulzberger para tres tipos diferentes de terrenos con coeficientes de compresibilidad de 8, 12 y 16 Kg/cm² x cm.



		K = 8							K = 12							K = 16						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,55	1,80	2,11	2,32	2,54	...	...	1,40	1,63	1,91	2,10	2,30	...	...	1,31	1,52	1,78	1,96	2,14	...	...
	V	1,15	1,30	1,71	1,92	2,15	...	...	1,04	1,18	1,55	1,74	1,95	...	...	0,97	1,10	1,44	1,62	1,81	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,60	1,86	2,16	2,39	2,62	2,68	2,85	1,45	1,69	1,96	2,16	2,37	2,43	2,59	1,35	1,57	1,83	2,02	2,21	2,27	2,41
	V	1,38	1,57	2,03	2,30	2,57	4,96	5,27	1,25	1,43	1,84	2,07	2,32	4,49	4,79	1,17	1,33	1,72	1,94	2,17	4,20	4,46
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,53	1,53	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,53	1,53	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,53	1,53
	h	1,64	1,90	2,22	2,43	2,67	2,70	2,88	1,49	1,72	2,01	2,20	2,41	2,45	2,61	1,39	1,61	1,88	2,05	2,25	2,28	2,43
	V	1,67	1,94	2,45	2,73	3,17	6,32	6,74	1,52	1,75	2,22	2,47	2,86	5,74	6,11	1,42	1,64	2,07	2,30	2,67	5,34	5,69
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,74	1,74	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,74	1,74	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,74	1,74
	h	1,68	1,95	2,26	2,47	2,72	2,70	2,88	1,53	1,76	2,05	2,24	2,47	2,45	2,61	1,42	1,72	1,91	2,08	2,35	2,28	2,43
	V	1,96	2,23	2,89	3,32	3,66	8,17	8,72	1,78	2,02	2,62	3,01	3,32	7,42	7,90	1,66	1,97	2,44	2,80	3,16	6,90	7,36
18	a	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,91	1,91	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,91	1,91	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,91	1,91
	h	1,71	1,98	2,29	2,51	2,74	2,71	2,89	1,55	1,79	2,08	2,27	2,48	2,45	2,62	1,46	1,72	1,94	2,12	2,40	2,29	2,44
	V	2,30	2,62	3,41	3,80	4,49	9,89	10,54	2,09	2,37	3,10	3,43	4,06	8,94	9,56	1,95	2,27	2,89	3,21	3,93	8,35	8,90
20	a	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,12	2,12	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,12	2,12	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,12	2,12
	h	1,74	2,01	2,32	2,53	2,76	2,71	2,89	1,58	1,82	2,10	2,29	2,50	2,45	2,62	1,50	1,72	1,96	2,20	2,40	2,29	2,44
	V	2,59	2,99	3,98	4,48	5,26	12,18	12,99	2,35	2,71	3,60	4,05	4,76	11,01	11,78	2,23	2,56	3,36	3,89	4,57	10,29	10,97
22	a	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,29	2,29	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,29	2,29	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,29	2,29
	h	1,77	2,03	2,35	2,56	2,79	2,71	2,89	1,60	1,84	2,13	2,32	2,53	2,45	2,62	1,53	1,72	1,98	2,20	2,40	2,29	2,44
	V	3,04	3,48	4,48	5,02	6,03	14,21	15,16	2,75	3,16	4,06	4,55	5,47	12,85	13,74	2,63	2,95	3,77	4,31	5,19	12,01	12,80
24	a	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,50	2,50	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,50	2,50	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,50	2,50
	h	1,79	2,05	2,38	2,60	2,83	2,71	2,89	1,62	1,86	2,15	2,35	2,56	2,45	2,62	1,53	1,73	2,01	2,20	2,40	2,29	2,44
	V	3,46	3,96	5,00	5,62	6,62	16,94	18,06	3,13	3,59	4,52	5,08	5,99	15,31	16,38	2,96	3,34	4,23	4,75	5,62	14,31	15,25
26	a	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,69	2,67	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,69	2,67	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,69	2,67
	h	1,81	2,07	2,39	2,61	2,83	2,71	2,89	1,65	1,88	2,16	2,36	2,56	2,45	2,62	1,54	1,75	2,02	2,20	2,40	2,29	2,44
	V	3,81	4,47	5,74	6,43	7,80	19,61	20,60	3,47	4,06	5,19	5,82	7,05	17,73	18,68	3,24	3,78	4,85	5,42	6,61	16,57	17,39
28	a	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,88	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,88	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,88	2,88
	h	1,84	2,09	2,41	2,62	2,86	2,71	2,89	1,67	1,89	2,19	2,38	2,59	2,45	2,62	1,56	1,77	2,04	2,22	2,42	2,37	2,44
	V	4,31	4,96	6,25	7,22	8,46	22,48	23,97	3,91	4,48	5,68	6,56	7,66	20,32	21,73	3,65	4,20	5,29	6,12	7,16	19,66	20,24
30	a	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,07	3,05	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,07	3,05	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,07	3,05
	h	1,85	2,11	2,42	2,64	2,86	2,71	2,89	1,68	1,91	2,19	2,39	2,59	2,61	2,62	1,61	1,79	2,04	2,28	2,42	2,61	2,61
	V	4,74	5,54	7,08	7,99	9,68	25,54	26,88	4,30	5,01	6,40	7,24	8,77	24,60	24,37	4,12	4,70	5,97	6,90	8,19	24,60	24,28

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

ORMAZABAL PFU-4

MODELOS PFU



DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

PFU Hasta 24/36 kV				
	PFU-3	PFU-4	PFU-5	PFU-7
Longitud [mm]	3280	4460	6080	8080
Fondo [mm]	2380	2380	2380	2380
Altura [mm]	3045	3045	3045	3240
Altura vista [mm]	2585	2585	2585	2790
Peso* [kg]	10545	13465	17460	29090

Notas:
Opcional: Cubierta sobreelevada para 36 kV, no aplicable a PFU-7
(Altura estándar = 195 mm)
Dimensiones puerta de acceso personal:
900 (24 kV) / 1100 (36 kV) x 2100 mm
Dimensiones puerta de transformadores: 1260 x 2100 mm
(* Peso del edificio vacío con cubierta estándar y ventilación para 1000 kVA)



CONFIGURACIONES ELÉCTRICAS

CONFIGURACIONES ELÉCTRICAS TIPO

PFU-3	2L + 1P + 1 Transformador + 1 CBT
PFU-4	3L + 1V + 1 Transformador + 1 CBT
PFU-5	2L + 1S + 1P + 1M + 1 Transf. + 1 CBT
	2L + 2P + 2 Transformadores + 2 CBT
	3L + 2P + 2 Transformadores + 2 CBT
	3L + 1R + 1P + 1M + 1 Transformador + 1 CBT
PFU-7	1L + 1V + 1M + 2P + 2 Transf. + 2 CBT
	5L + 2P + 2 Transf. + 2 CBT
	3L + 1R + 1V + 1M + 2P + 2 Transf. + 2 CBT
	3L + 1R + 1V + 1M + 2P + 1 Transf. + 1 CBT

Los PFU admiten telecontrol y telegestión de Ormazabal. Consultar a nuestro departamento Técnico-Comercial.

Donde: L = Celda / Función de Línea
P = Celda / Función de Protección con Fusibles
V = Celda / Función de Prot. con Int. Autom. de Vado
S = Celda / Función de Interruptor Pasante
M = Celda / Función de Medida
CBT = Cuadro de Baja Tensión

Nota: Para otras configuraciones consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial.

NORMAS APLICADAS

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RCE, Ministerio de Industria y Energía, Real Decreto 3275/1982)
- Normas particulares de Compañía Eléctrica

PF EDIFICIO MODULAR TIPO CASETA PARA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

PRESENTACIÓN

El edificio **PF** es una envolvente modular de hormigón tipo caseta para **Centros de Transformación de Ormazabal** de instalación en superficie y maniobra interior de hasta 36 kV, constituidos por componentes independientes suministrados de fábrica e instalados de forma conjunta.

COMPOSICIÓN

Los **Centros de Transformación de Ormazabal** en edificio **PF** se componen de:

- Aparamento de MT con aislamiento integral en gas: Sistema CGM/COSMOS (hasta 24 kV) y sistema CGM.3 (36 kV).
- Unidades de protección, control y medida (telemando, telemida, control integrado, telegestión, etc.) de Ormazabal.
- Transformador/es de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido de hasta 1000 kVA⁽¹⁾ de potencia unitaria.
- Aparamento de BT: Cuadro/s de Baja Tensión de hasta 8 salidas por cuadro.
- Interconexiones directas por cable MT y BT.
- Circuito de puesta a tierra.
- Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- Edificio modular de hormigón PF.

(1) Para otros valores consultar a nuestro Departamento Técnico-Comercial.

NORMAS APLICADAS

- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RCE, Ministerio de Industria y Energía, Real Decreto 3275/1982)
- Normas particulares de Compañía Eléctrica

APLICACIONES

en Generación: Parques eólicos, instalaciones fotovoltaicas, etc.

en Distribución:

- Centros de Reparto
- Centros de Transformación Ormazabal:
 - Distribución pública y privada.
 - Entornos industriales.
 - Grandes infraestructuras.
 - Instalaciones permanentes / temporales.
 - Instalaciones con telemida.
 - Proyectos urbanísticos y soluciones técnicas asociados con C.T. Prefabricados, Centros de Maniobra y Seccionamiento, etc.

MODELOS PF



PF-2030/3030



PF-2030/3030



PF-2015/3015



PF-2015/3015

DIMENSIONES EXTERIORES Y PESOS

PF Hasta 24 kV	Paneles:	serie PF-201/301					serie PF-2015/3015	
		PF-201	PF-202	PF-203	PF-204	PF-205	PF-2015	PF-2030
Longitud [mm]		2620	4880	7240	9600	11960	3700	7240
Anchura [mm]		2520	2620	2620	2620	2620	2620	2620
Altura [mm]		3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Altura vista [mm]		2650	2650	2650	2650	2650	2650	2650
Peso* [kg]		9000	26100	22500	29200	35900	13500	23550



PF-2015/3015



PF-2015/3015

PF Hasta 36 kV	Paneles:	serie PF-201/301					serie PF-2015/3015		
		PF-301	PF-302	PF-303	PF-304	PF-305	PF-3015	PF-3030	PF-3035
Longitud [mm]		2620	4880	7240	9600	11960	3700	7240	8420
Anchura [mm]		2520	2620	2620	2620	2620	2620	2620	2620
Altura [mm]		3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Altura vista [mm]		3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050
Peso* [kg]		10000	17400	24100	31200	38300	15000	25650	28050

Notas:

Dimensiones puerta de acceso personal: 900 (24 kV) / 1100 (36 kV) x 2100 mm.

Dimensiones puerta de transformador: 1290 x 2100 mm.

(*)Peso sin tener en cuenta las puertas, rejillas ni equipo eléctrico







CELDAS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Sistema CGM - Celdas Modulares

FUNCIONES

TIPOS DE FUNCIONES

El sistema CGM ofrece al usuario las siguientes funciones unitarias modulares:

ESQUEMA	Denominación	Descripción
	CML (Celda de Línea)	Dotada con un interruptor-seccionador de tres posiciones (en lo sucesivo interruptor), permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión.
	CMP-F (Celda de Protección con Fusibles)	Además de un interruptor igual al de la celda de línea, incluye la protección con fusibles, permitiendo su asociación o combinación con el interruptor (⇒ FUNCIONES DE PROTECCIÓN). Opcionalmente puede incorporar el sistema autónomo de protección RPTA .
	CMP-V (Celda de Interruptor Automático de corte en vacío)	Incluye un interruptor automático de corte en vacío y un seccionador de tres posiciones en serie con él. Está dotada del sistema autónomo de protección RPGM , que permite la realización de funciones de protección.
	CMP (Celda de Interruptor Pasante)	Dispone de un interruptor en el embarrado de la celda, con objeto de permitir la interrupción en carga ⁽¹⁾ (separación en dos partes) del embarrado principal del Centro de Transformación. Opcionalmente se puede incluir un seccionador de puesta a tierra a uno u otro lado del embarrado.
	CMM (Celda de Medida)	Esta celda, de reducidas dimensiones, permite incluir en un bloque homogéneo con las otras funciones del sistema CGM los transformadores de medida de tensión e intensidad.
	CMR (Celda de Remonte)	Envoltorio metálico que protege el remonte de cables hacia el embarrado. Opcionalmente puede incorporar captadores de presencia de tensión.

DESIGNACIÓN

La designación de las celdas, para posteriores referencias, se realiza indicando el modelo - tensión (en el caso de 36 kV, debe entenderse que las características de aislamiento corresponden a Lista 2), así por ejemplo:

CGM-CML-24: Celda de línea de 24 kV.

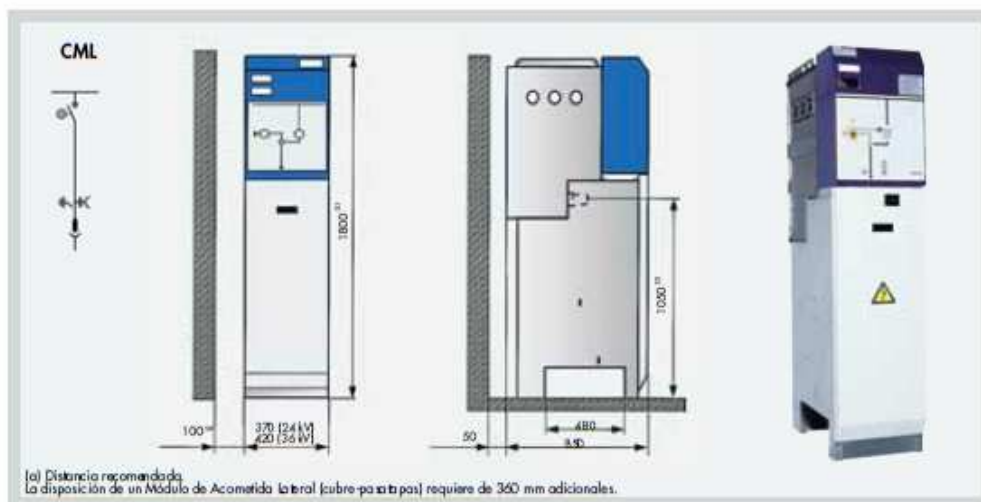
CGM-CMP-F-36: Celda de protección con fusibles de 36 kV (Lista 2).

(1) Opcionalmente se dispone de un modelo con seccionador (sin capacidad de ruptura) denominado **CMSP**.

Sistema CGM - Celdas Modulares

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

FUNCIÓN DE LÍNEA	CML-12	CML-24	CML-36
Características eléctricas			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
Intensidad asignada [A]	400/630	400/630	400/630
Intensidad de corta duración (1 ó 3 s) [kA]	16/20	16/20	16/20
Nivel de aislamiento:			
Frecuencia industrial (1 min)			
a tierra y entre fases [kV]	28	50	70
a la distancia de seccionamiento [kV]	32	60	80
Impulso tipo rayo			
a tierra y entre fases [kV] _{CRESTA}	7,5	125	170
a la distancia de seccionamiento [kV] _{CRESTA}	8,5	145	195
Capacidad de cierre [kA] _{CRESTA}	40/50	40/50	40/50
Capacidad de corte			
Corriente principalmente activa [A]	400/630	400/630	400/630
Corriente capacitiva [A]	31,5	31,5	50
Corriente inductiva [A]	16	16	16
Falta a tierra I _a [A]	63	63	63
Falta a tierra $\sqrt{3}$ I _a [A]	31,5	31,5	31,5
Características físicas			
Ancho [mm]	370	370	420
Alto [mm]	1800 ⁽¹⁾	1800 ⁽¹⁾	1800 ⁽¹⁾
Fondo [mm]	850	850	850
Peso [kg]	135 ⁽²⁾	135 ⁽²⁾	140 ⁽²⁾



(1) Las celdas incorporan un bastidor que permite la conexión sin necesidad de foso para cables. Opcionalmente se pueden suministrar las celdas con un bastidor más bajo.
(2) Para mando motorizado añadir 5 Kg.

Sistema CGM - Celdas Modulares

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

FUNCIÓN DE INTERRUPTOR AUTOMÁTICO

	CMP-V-12	CMP-V-24	CMP-V-36
Características eléctricas			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
Intensidad asignada [A]	400/630	400/630	400/630
Intensidad de corta duración (3 s) [kA]	12,5/16/20	12,5/16/20	12,5/16/20
Capacidad de cierre [kA] ^{CRESA}	31/40/50	31/40/50	31/40/50
Capacidad de ruptura [kA]	12,5/16/20	12,5/16/20	12,5/16/20
Nivel de aislamiento:			
Frecuencia industrial (1 min)			
a tierra y entre fases [kV]	28	50	70
a la distancia de seccionamiento [kV]	32	60	80
Impulso tipo rayo			
a tierra y entre fases [kV] ^{CRESA}	75	125	170
a la distancia de seccionamiento [kV] ^{CRESA}	85	145	195
Características físicas			
Ancho [mm]	480	480	600
Alto [mm]	1800 ⁽¹⁾	1800 ⁽¹⁾	1800 ⁽¹⁾
Fondo [mm]	850	850	850
Peso [kg]	218 ⁽²⁾	218 ⁽²⁾	238 ⁽²⁾



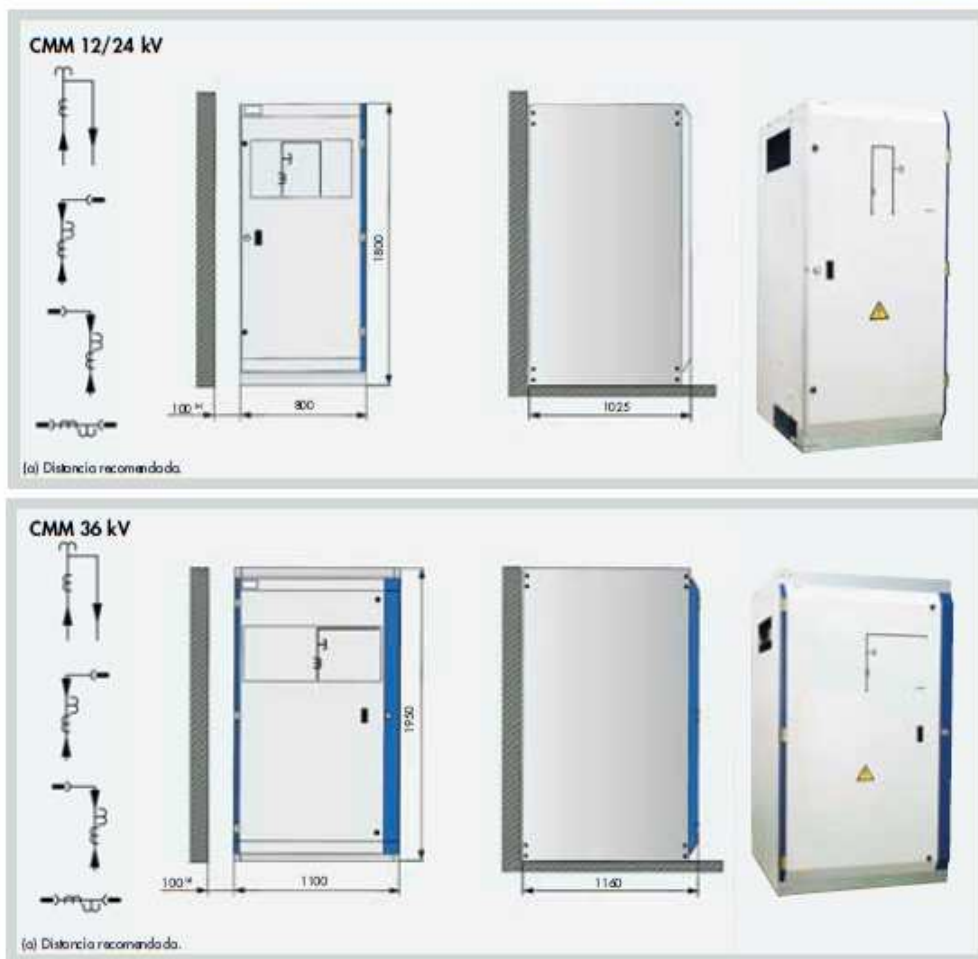
(1) Las celdas incorporan un bastidor que permite la conexión sin necesidad de foso para cables. Opcionalmente se pueden suministrar las celdas con un bastidor más bajo.

(2) Para mando motorizado añadir 10 Kg. Para celdas con RPGM añadir 10 Kg.

Sistema CGM - Celdas Modulares

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

FUNCIÓN DE MEDIDA	CMM-12	CMM-24	CMM-36
Características eléctricas			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
Características físicas			
Ancho [mm]	800	800	1100
Alto [mm]	1800	1800	1950
Fondo [mm]	1025	1025	1160
Peso [kg]	180 ⁽¹⁾	180 ⁽¹⁾	290 ⁽¹⁾



(1) Sin incluir los transformadores.

Sistema CGM

ACCESORIOS

ORMALINK

Incluye los adaptadores, pletina de tierra, tornillos, y otros elementos e instrucciones para que el cliente realice correctamente el ensamblado de los módulos.



KIT DE MOTORIZACIÓN

Permite la conversión de un mando tipo manual en uno motorizado.



CAJÓN LATERAL

Se debe instalar este cajón para proteger mecánicamente las bombas apantalladas en el lateral con pasatapas de una celda.



CONJUNTO FINAL

Aisladores y tapa metálica que hay que poner sobre las tulipas de una celda, cuando no va a estar ensamblada a otra celda por ese lado. Se adjuntan también las instrucciones de colocación.



MÓDULO DE SEÑALIZACIÓN

Indicador integrado de señalización de presencia de tensión.



TAPAS CUBREBORNAS ESPECIALES

Soportes y tapas especiales para doble terminal o terminal más autoválvula.



PALANCAS DE ACCIONAMIENTO

Palanca de mando del interruptor y seccionador de puesta a tierra (opcionalmente anti-reflex).



CAJÓN DE CONTROL

En este cajón se pueden incluir los controles e indicadores de las celdas motorizadas.



COMPARADOR DE FASES

Testigo luminoso que indica la concordancia de fases entre dos celdas.



TRANSFORMADOR



TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

CARACTERISTICAS GENERALES.

El presente catálogo trata de transformadores sumergidos en líquido aislante, refrigeración natural en aceite (ONAN), trifásicos, de 50 a 2500 kVA, instalación interior o intemperie, 50 ó 60 Hz de llenado integral.

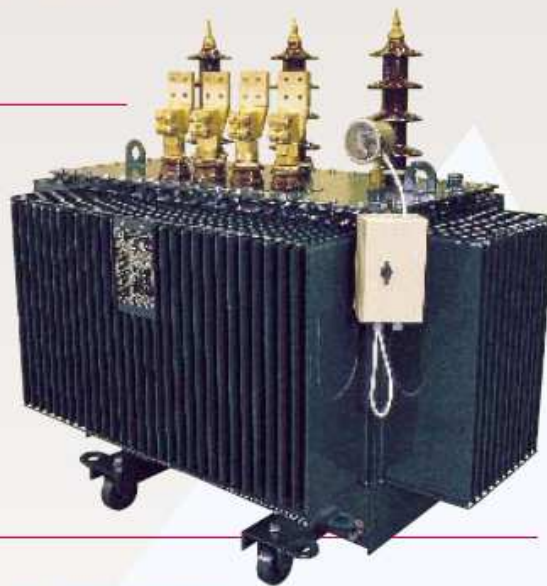
NORMAS DE CONSTRUCCION.

Estos transformadores se construyen según normas:

UNE 21428, UNE 20101, CEI 76,
así como UNE 21320, UNE 48103, UNE EN 60551,
UNE 20110, UNE 20145, UNE 20596 y UNE EN 50180.

Otros documentos aplicables:

HD 398, HD 428, ETU 5201 E
y Recomendaciones UNESA.



POTENCIAS ASIGNADAS

50 - 100 - 160 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000 - 2500 kVA.

* Se consideran potencias preferentes los valores en negrita.

ALTA TENSION

La tensión más elevada para el material es ≤ 36 kV.

Debido a la diversidad de tensiones existentes no se indican los valores específicos de este parámetro. Bajo demanda pueden suministrarse transformadores aptos para funcionar con dos valores diferentes de la tensión primaria mediante un conmutador de tensiones en el primario accionable sin carga ni tensión o mediante un cambio de bombas bajo tapa.

BAJA TENSION

El valor asignado de la tensión secundaria en vacío es 420 V; otras bajo demanda. Cuando por necesidades de la utilización se precisen dos tensiones, se pueden suministrar transformadores con bitensión simultánea. Los valores asignados en este caso de la tensión en vacío son: 420 y 242 V.

Para la salida de tensión más baja, la potencia es $K \times Pr$.

El reparto de potencias en caso de cargas simultáneas es $\frac{P_1 + P_2}{K} = Pr$ siendo:

P_1 = Potencia suministrada en 242V

P_2 = Potencia suministrada en 420V

Pr = Potencia asignada del transformador

$K = 0,75$

GRUPOS DE CONEXION

Los acoplamientos normales son:

- Para una potencia asignada igual o inferior a 160 kVA: Yzn11
- Para una potencia asignada superior a 160 kVA: Dyn11

NIVELES DE AISLAMIENTO

De acuerdo con las norma UNE 20101 y CEI-76, se establecen en función de la tensión más elevada para el material cuyo valor sea el inmediato superior al de la tensión asignada.

Tensión más elevada para el material.	12 kV	17,5 kV	24 kV	36 kV
Tensión de ensayo	28 kV	38 kV	50 kV	70 kV
Ensayo de choque	75 kV	95 kV	125 kV	170 kV

CALENTAMIENTO

Según las normas UNE 20101 y CEI 76, en régimen de funcionamiento normal:

- 60° K máximo en el aceite.
 - 65° K medio en los arrollamientos.
- Otros calentamientos bajo pedido.

VENTAJAS DEL LLENADO INTEGRAL

Los transformadores objeto de las normas UNE 21 428 deben disponer de alguno de los siguientes sistemas de expansión de aceite:

- a) Un depósito de expansión exterior.
- b) Una cámara de aire baja tapa.
- c) Una cuba elástica de llenado Integral.

Alkargo recomienda la opción c) a la que se refieren los datos de este catálogo, ya que aporta las siguientes ventajas:

1. Menores dimensiones al no disponer de depósito de expansión o cámara de aire, con lo que se facilita el transporte y la ubicación del transformador.
2. Menor peso total.
3. Menor riesgo de fugas al no presentar puntos débiles, tales como la soldadura de unión del depósito de expansión con la tapa, niveles de mirilla, desecador, etc..
4. Bajo grado de mantenimiento, debido a la ausencia de ciertos elementos, tales como el desecador y los indicadores de nivel de líquido.
5. Menor degradación del líquido aislante (aceite) por oxidación y por absorción de humedad al no estar en contacto con el aire por lo que se conserva de forma ideal.
6. Mejor conservación de las juntas, al no estar en contacto con el aire por lo que mantienen en mayor grado su elasticidad.





Detalles de Construcción.

I- CIRCUITO MAGNETICO

Se realiza con chapa magnética de grano orientado de muy bajas pérdidas, según UNE 36128. El tipo o clase de chapa es elegido en función de los siguientes parámetros: Pérdidas y Nivel de ruido garantizados. La sección neta se mantiene constante tanto en columnas como en culatas, a lo largo de todo el circuito magnético ya que por su especial configuración no se necesitan bulones de apriete que reducen la sección.

El tipo de juntas de unión entre columnas y culata es el denominado a 45° sin talón, con culata completa de una pieza, y el apilado se realiza decalando cada formato del anterior al objeto de minimizar el efecto del entre-hierro. La forma del perfil es escalonada, utilizándose el necesario número de escalones para obtener el mejor coeficiente de superficie útil.

II- BOBINADO DE BAJA TENSION

Este arrollamiento es el que está situado junto al circuito magnético y concéntrico con él. Los conductores empleados para su realización son de dos tipos bien diferenciados, dependiendo del valor de la corriente asignada:

- Conductor de sección rectangular con cantos redondeados de acuerdo con UNE 21179
- Bandas con bordes acondicionados.

En el primer caso, cada conductor está aislado con papel de celulosa de clase térmica A o con un esmalte de clase H. En el caso de la banda, ésta es desnuda.

La configuración del arrollamiento con conductor rectangular es del tipo de capa completa, con uno o más canales concéntricos para refrigeración. El aislamiento entre capas es siempre del tipo impregnado con resina en estado B.

En los arrollamientos del tipo banda con bordes acondicionados, ésta ocupa con su anchura el axial total de la bobina, siendo por tanto cada espiral una capa de bobinado. Durante la realización de arrollamiento se acompaña a cada banda una capa de papel impregnado con resina en estado B, el cual polimeriza durante el ciclo de secado proporcionando al arrollamiento una fortaleza capaz de resistir sin daño los esfuerzos mecánicos correspondientes a un cortocircuito según UNE 20101-5.

III- BOBINADO DE ALTA TENSION.

Se sitúa envolviendo al arrollamiento de BAJA TENSION, concéntrico con él y separados por una estructura aislante adecuada al nivel de aislamiento deseado.

Los conductores empleados para su realización son de dos tipos:

- De sección circular denominados hilos.
- De sección rectangular o pletinas.

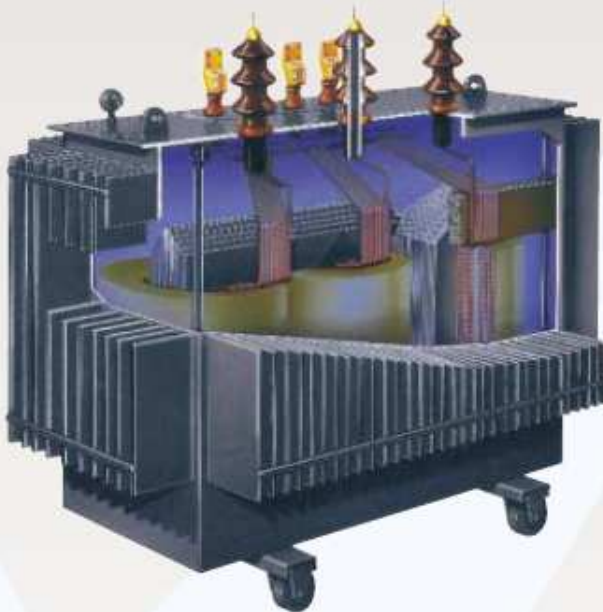
El aislamiento empleado en los hilos es un esmalte de clase térmica H. En los conductores de sección rectangular o pletinas se utiliza aislamiento de papel clase térmica A o esmalte clase térmica H. La configuración del bobinado con ambos conductores es del tipo anti-resonante en una sección, lo que confiere una gran resistencia a las ondas de impulso tipo rayo.

El aislamiento entre capas es del tipo impregnado en resina, que al polimerizar durante la operación de secado dota al conjunto de una resistencia mecánica capaz de soportar los esfuerzos de cortocircuito.

IV- PARTE ACTIVA.

Se denomina así al conjunto de elementos que forman la parte a desencubar del transformador, siendo sus principales componentes además del núcleo y bobinados los siguientes:

- Estructura de fijación y guiado.
- Conmutador de tensión.
- Tapa.
- Pasatapas.



- La estructura de fijación tiene por objeto mantener los bobinados en su posición axial respecto al circuito magnético, así como ejercer la presión necesaria sobre éste para minimizar el nivel de ruido. Está formada por cuatro vigas, dos en la culata superior y otras dos en la inferior, de estratificado de madera con resina fenólica las superiores y de acero los inferiores. Para el apriete se emplean varillas roscadas de acero que facilitan el ajuste en altura de la tapa. Para mantener las distancias entre bobinados y la cuba, se colocan dos pies de guiado en la parte inferior sujetos a las vigas inferiores.

- El conmutador de tensión con mando sobre la tapa está colocado entre la tapa y la parte superior del circuito magnético. Es del tipo cremallera con acción directa del eje de mando mediante piñón dentado.

- La tapa se realiza en chapa de acero lisa reforzada con perfiles, que sirven además para fijar las varillas verticales que elevan el resto de componentes. Las dimensiones de la tapa desbordan ampliamente el marco de la caja para evitar que el agua de lluvia penetre en la zona de asiento de la junta.

- Los pasatapas de ALTA y BAJA TENSION son para servicio intemperie. Cuando es necesario, de acuerdo con la intensidad asignada, los de BAJA TENSION se montan sobre una placa amagnética.

V- CUBA.

La cuba de los transformadores de distribución es del tipo ELASTICA para absorber, sin deformación permanente, el aumento de volumen del líquido aislante debido a las variaciones de temperatura provocadas por la carga del transformador. Está formada por los siguientes componentes:

- Bastidores de apoyo
- Fondo
- Aletas
- Marco

- Los bastidores de apoyo están fijados al fondo mediante soldadura continua y estanquea para evitar oxidaciones. Están provistos de agujeros para fijar los cabezales de las ruedas así como para arrastrar el transformador.

- El fondo tiene forma de "bañera" y en sus laterales se alojan las conexiones de P.A.T. así como el dispositivo de vaciado.

- Las aletas son la parte fundamental de la cuba. Forman las paredes laterales y le dan la elasticidad necesaria. Están formadas por chapa de acero laminado en frío con espesor que oscila entre 1 y 1,5 mm. plegada sin estiramiento. La elasticidad se logra mediante la adecuada combinación de la altura, profundidad, espesor de chapa y presión interna resultante.

- El marco de la caja está realizado con perfil de acero en forma de L y soldado a la parte superior de las aletas. En la cara superior del marco se alojan los limitadores de presión para la junta y se realizan los agujeros para los tornillos de fijación TAPA-CUBA.



CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

En las dos tablas siguientes se indican los valores nominales garantizados de acuerdo con la norma UNE 21428-1 (1996), CEE-76 y el documento HD 428.
Estos valores son válidos con una sola tensión secundaria, aunque tengan más de una en el primario y 50 Hz.

Tensión mas elevada para el material ≤ 4 kV

Baja Tensión B2 420 V

Potencia (kVA)	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Pérdidas en vacío (W ₀)	190	320	460	650	930	1300	1550	1700	2130	2600	3100	3800
Pérdidas en carga (W _c) a 75°C	1100	1750	2350	3250	4600	6500	8100	10500	13500	17000	20200	26500
Tensión de cortocircuito % a 75°C	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Rendimiento con cos $\varphi=1$ 4/4 P.C.	97,48	97,97	98,27	98,46	98,64	98,78	98,81	98,79	98,77	98,79	98,84	98,80
3/4 P.C.	97,89	98,29	98,53	98,70	98,84	98,96	99,00	99,00	98,97	99,00	99,04	99,01
2/4 P.C.	98,17	98,51	98,70	98,84	98,98	99,07	99,12	99,14	99,13	99,16	99,18	99,18
1/4 P.C.	97,97	98,31	98,51	98,65	98,80	98,93	98,98	99,07	99,06	99,09	99,14	99,13
Rendimiento con cos $\varphi=0,8$ 4/4 P.C.	96,88	97,48	97,85	98,09	98,30	98,47	98,52	98,50	98,46	98,50	98,56	98,51
3/4 P.C.	97,37	97,87	98,17	98,37	98,56	98,70	98,75	98,75	98,72	98,76	98,80	98,77
2/4 P.C.	97,73	98,14	98,38	98,56	98,72	98,84	98,91	98,93	98,91	98,95	98,98	98,97
1/4 P.C.	97,48	97,90	98,14	98,32	98,50	98,66	98,73	98,84	98,82	98,87	98,92	98,92
Caída de Tensión a plena carga cos $\varphi=1$	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,10	1,18	1,22	1,25	1,23	1,18	1,23
Caída de Tensión a plena carga cos $\varphi=0,8$	3,77	3,58	3,43	3,33	3,25	3,18	4,44	4,47	4,49	4,48	4,44	4,48
Nivel de Ruido, Potencia acústica dB(A)	52	56	59	62	65	67	68	68	70	71	73	76

P.C. = Plena carga



DIMENSIONES Y PESOS

Los datos indicados en las tablas son aproximados y corresponden a transformadores de aceite en **llenado integral**, que cumplan las características eléctricas descritas en las tablas anteriores.

Para otros niveles de pérdidas diferentes, dobles tensiones de AT y BT, diferentes tensiones de aislamiento, transformadores de silicona, etc ..., estas dimensiones no son válidas, consúltenos.

Tensión más elevada para el material ≤ 4 kV.

Baja Tensión B2 420V.

Potencia.	kVA	50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Longitud. (mm)	A	870	950	1170	1240	1440	1540	1740	1860	1920	1860	2040	2100
Anchura. (mm)	B	720	720	720	870	870	960	1040	1120	1120	1100	1160	1350
Altura. (mm)	C	1270	1310	1350	1440	1490	1490	1560	1640	1810	1990	2005	2055
Diametro Rueda. (mm)	D	125	125	125	125	125	125	125	125	200	200	200	200
Entre ejes. (mm)	E	520	520	520	670	670	670	670	670	820	820	820	1070
Espesor rueda (mm)	F	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70
Altura libre (mm)	G	35	35	35	35	35	35	35	35	45	45	45	45
Altura de Aisladores de BT (mm)	H	125	125	125	175	175	275	275	325	325	355	355	355
Separación de Aisladores de BT (mm)	J	80	80	80	150	150	150	150	150	150	200	200	200
Altura de Aisladores de AT (mm)	K	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385
Separación de Aisladores de AT (mm)	L	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Peso líquido aislante:	Kg.	115	120	175	235	260	310	460	490	640	830	1030	1170
Volumen líquido aislante	l.	128	134	195	262	290	346	485	547	715	927	1150	1300
Peso total	Kg.	460	390	810	1040	1410	1670	2240	2640	3330	3910	4830	5500



EQUIPO BASE

Incluidos en el suministro de todos y cada uno de los transformadores:

- 3 pasatapas de Alta Tensión.
- 4 o 7 pasatapas de Baja Tensión.
- Conmutador de 5 posiciones para regulación, situado en la tapa y accionable con el transformador sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Orificio de llenado con rosca exterior M-40 x 1,5 provisto de tapa roscada.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras en la parte inferior de la cuba.
- 4 ruedas bidireccionales orientables a 90°.
- 2 tomas de puesta a tierra, situadas en la parte inferior con tornillo M-10.



ACCESORIOS OPCIONALES

- Termómetro de esfera de dos contactos.
- Caja de bornas.
- Pasatapas enchufables de AT.
- Termostato.
- Cajas de cables de BT y AT.
- Bloque de Protección y control:



Termómetro de esfera de dos contactos.



Pasatapas enchufables de AT.



Caja de bornas.

Realiza las funciones siguientes: detección de la emisión de gases del líquido dieléctrico (disparo), detección de un aumento excesivo de la presión que se ejerce sobre la cuba (disparo), lectura de la temperatura del líquido dieléctrico y la visualización del nivel del líquido. (contactos de alarma y disparo regulables.)

- Pasabarras de BT.



Bloque de Protección y control.



Pasabarras de BT.

Si el transformador corresponde a un diseño con depósito de expansión:

- Relé Buchholz.
- Desecador de silicagel.
- Nivel magnético.
- Indicador de nivel.
- Otros.



Desecador de silicagel.



Relé Buchholz.

LÍNEA SUBTERRÁNEA

CONDUCTOR LÍNEA SUBTERRÁNEA

media tensión

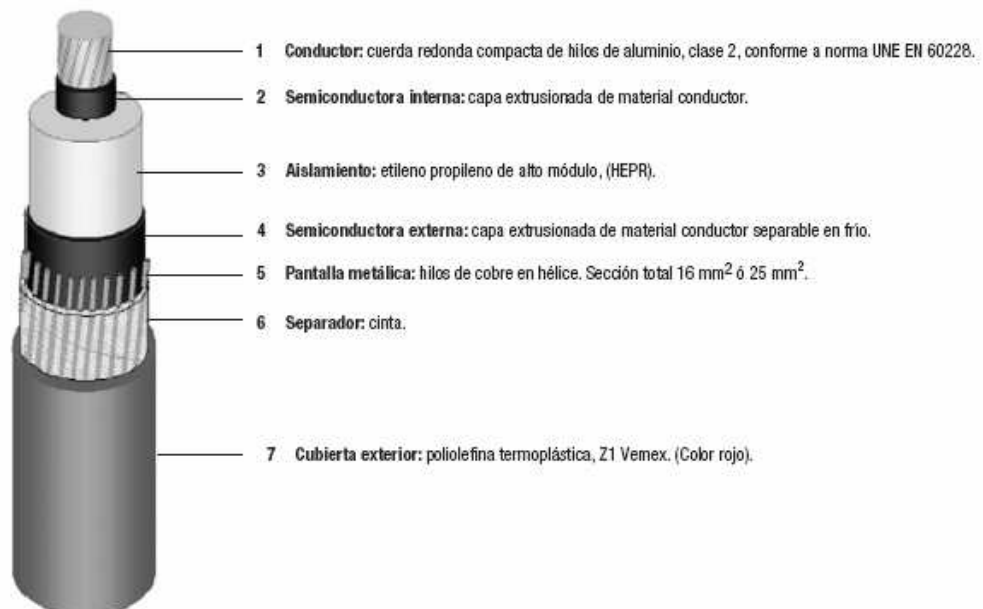
características constructivas

CABLE AL EPROTENAX-H COMPACT 12/20 kV, 18/30 kV

CABLE NORMALIZADO POR IBERDROLA E HIDROCONTÁBRICO

Tipo: HEPRZ1
Tensión: 12/20 kV, 18/30 kV
Norma: UNE HD 620-9E

Composición:

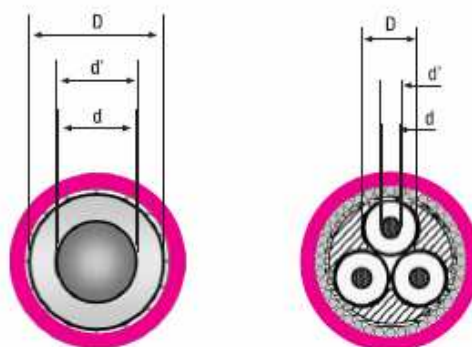


media tensión

cables tipo eprotenax compact

DIÁMETROS BAJO AISLAMIENTO DE CABLES EPROTENAX COMPACT (UNIPOLARES Y TRIPOLARES)

Sección mm ²	d Cuerda mm	d' Semic. int. mm	D bajo aislamiento (unipolar y tripolar)						
			1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Conductor de Cu									
35	7	8	11	13	14,8	13,8	17	-	-
50	8,3	9,3	12,3	14,3	16,1	15,1	17,9	21,1	25,3
70	9,9	10,9	13,9	15,9	17,7	16,9	19,5	21,9	25,5
95	11,6	12,6	15,6	17,6	19,4	18,6	21,2	23	26
120	13,1	14,1	17,1	19,1	20,9	20,9	22,7	24,5	26,9
150	14,3	15,3	18,3	20,3	22,1	21,5	23,9	25,5	27,7
185	16	17	20	22	23,8	23,2	25,6	27	29
240	18,7	20,1	22,7	25,3	26,9	26,5	28,7	30,3	32,5
300	20,6	22	24,6	27,6	28,8	28,4	30,6	32,4	35,2
400	23,1	24,5	27,1	30,5	31,3	30,9	33,1	35,1	36,9
500	26,4	28,4	30,8	34,8	35,2	35	37,2	39,2	41
Conductor de Al									
35	7	8	11	13	14,8	13,8	17	-	-
50	8,1	9,1	12,1	14,1	15,9	14,9	17,7	20,9	25,1
70	9,8	10,8	13,8	15,8	17,6	16,8	19,4	21,8	25,4
95	11,2	12,2	15,2	17,2	19	18,2	20,8	22,6	25,6
120	12,7	13,7	16,7	18,7	20,5	20,5	22,3	24,1	26,5
150	14	15	18	20	21,8	21,2	23,6	25,2	27,4
185	16,1	17,1	20,1	22,1	23,9	23,3	25,7	27,1	29,1
240	17,9	19,3	21,9	24,5	26,1	25,7	27,9	29,5	31,7
300	20,6	22	24,6	27,6	28,8	28,4	30,6	32,4	34,2
400	23,1	24,5	27,1	30,5	31,3	30,9	33,1	35,1	36,9
500	26,3	28,3	30,7	34,7	35,1	34,9	37,1	39,1	40,9



Nota: los valores de d, d' y D son iguales para cables unipolares y tripolares siempre que se trate del mismo material de conductor (Cu o Al), el mismo material de aislamiento (XLPE o HEPR) y la misma sección y tensión. Es decir, por ejemplo un cable de 1x240, 12/20 kV, Al Eprotenax Compact presenta iguales valores de d, d' y D que un cable 3x240, 12/20 kV, Al Eprotenax Compact.

media tensión

cables tipo eprotenax compact

DIÁMETROS EXTERIORES Y PESOS DE CABLES EPROTENAX COMPACT

Sección nominal mm ²	Ø ext. mm	Peso kg/km	Ø ext. mm	Peso kg/km	Ø ext. mm	Peso kg/km
	Tipo H (no armado)		Tipo HFA (armado flejes Al)		Tipo HMA (armado alambres Al)	
Unipolares - 12/20 kV (Conductores de cobre)						
1 x 35	22,7	1009,05	28,3	1308,65	29	1399,65
1 x 50	24	1153,2	29,6	1464,75	30,5	1576,35
1 x 70	25,6	1381,05	31,4	1725,15	32,9	1901,85
1 x 95	27,5	1674	33,1	2018,1	34,8	2227,35
1 x 120	29	1925,1	34,8	2301,75	36,3	2506,35
1 x 150	30,4	2190,15	36	2562,15	37,7	2790
1 x 185	32,5	2582,15	38,3	2976	39,8	3189,9
1 x 240	35,4	3199,2	41,2	3640,95	42,7	3882,75
1 x 300	37,5	3775,8	43,3	4238,15	46	4631,4
1 x 400	40,2	4538,4	46	5022	48,7	5445,15
1 x 500	43,7	5626,5	49,7	6170,55	52,4	6835,55
Unipolares - 12/20 kV (Conductores de aluminio)						
1 x 35	22,7	809,1	28,3	1108,7	29	1199,7
1 x 50	23,8	889,55	29,4	1181,1	30,3	1297,35
1 x 70	25,5	976,5	31,3	1320,6	32,8	1497,3
1 x 95	27,1	1097,4	32,7	1441,5	34,4	1641,45
1 x 120	28,6	1213,65	34,4	1590,3	35,9	1780,95
1 x 150	30,1	1334,55	35,7	1708,55	37,4	1925,1
1 x 185	32,6	1520,55	38,4	1929,75	39,9	2148,3
1 x 240	34,7	1785,6	40,5	2180,85	42	2418
1 x 300	37,5	2036,7	43,3	2497,05	46	2892,3
1 x 400	40,7	2385,45	46,5	2845,8	49,2	3264,3
1 x 500	44,1	2776,05	50,1	3287,55	52,8	3738,6
	Tipo H (no armado)		Tipo HF (armado flejes acero)		Tipo HM (armado alambres acero)	
Tripolares - 12/20 kV (Conductores de cobre)						
3 x 35	48	3873,45	54,4	4966,2	57,1	6440,25
3 x 50	51	4491,9	57,6	5663,7	60,3	7244,7
3 x 70	54,6	5403,3	61,2	6644,85	63,9	8323,5
3 x 95	58,5	6491,4	65,3	7825,95	68	9597,6
3 x 120	61,9	7500,45	68,9	8946,6	73,1	11615,7
3 x 150	64,7	8453,7	71,7	9951	75,9	12703,8
3 x 185	69,8	9960,3	77,2	11625	81,2	14926,5
3 x 240	76	12410,85	85,1	14982,3	87,8	17432,85
3 x 300	80,5	14508	89,6	17205	92,1	19790,4
Tripolares - 12/20 kV (Conductores de aluminio)						
3 x 35	48	3282,9	54,4	4361,7	57,1	5840,4
3 x 50	50,5	3636,3	57,1	4784,85	59,8	6337,95
3 x 70	54,4	4180,35	61	5403,3	63,7	7086,6
3 x 95	57,6	4715,1	64,4	6031,05	67,1	8709,45
3 x 120	61	5305,65	68	6714,6	72,2	9341,85
3 x 150	64	5840,4	71	7305,15	75,2	10067,25
3 x 185	70	6840,15	77,4	8509,5	81,4	11485,5
3 x 240	74,5	7909,65	83,6	10443,9	86,1	12871,2
3 x 300	80,5	9276,75	89,6	11950,5	92,1	14535,9

media tensión
cables tipo eprotenax compact
TABLAS DE DATOS TÉCNICOS DE CABLES EPROTENAX COMPACT
TABLA I

Características mecánicas, físicas y químicas mínimas de la goma etileno propileno de alto módulo (HEPR), según prescripciones de la norma IEC 60502 y UNE-HD 620-9E.

Características	Unidad	HEPR
Mecánicas		
Valores en estado inicial:		
- Carga rotura mínima	N/cm ²	850
- Alargamiento mínimo	%	200
- Módulo elástico mínimo al 150% de alargamiento	N/cm ²	450
Después de envejecimiento en estufa de aire:		
- Tratamiento:		
Temperatura	°C	150
Duración	h	168
Variación del valor inicial admitido:		
- Carga de rotura	%	± 30
- Alargamiento	%	± 30
Físicas		
a) Absorción de agua:		
- Método ponderal:		
Temperatura	°C	100
Duración	h	24
- Variación de masa admitida	mg/cm ²	3
b) Ensayo de resistencia al ozono:		
- Concentración de ozono, en volumen	%	0,025 a 0,030
- Duración del ensayo sin aparición de grietas	h	30
Químicas		
Comprobación de la reticulación:		
- Tratamiento:		
Temperatura	°C	200
Tiempo bajo carga	min.	15
Esfuerzo mecánico	N/cm ²	20
- Alargamiento máximo bajo carga	%	175
- Alargamiento permanente máximo después del enfriamiento	%	15

Los ensayos para la comprobación de estas características se realizan según la Norma UNE EN 60811.

media tensión
cables tipo eprotenax compact
TABLA II
Características de las cubiertas PVC de los cables EPROTENAX COMPACT.

Características	Unidades	Cubierta PVC	Cubierta VEMEX (habitual)
Mecánicas			
a) Sin envejecimiento			
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm ²	12.50	15
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	150	500
b) Después de envejecimiento			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100	110 ± 2
Duración	h	168	336
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm ²	-	-
- Variación	%	25	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	-	300
- Variación	%	± 25	-
c) Después de envejecimiento a cable completo			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100 ± 2	100 ± 2
Duración	h	168	168
- Resistencia mínima a la tracción	N/mm ²	-	-
- Variación	%	± 25	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	-	300
- Variación	%	± 25	-
Físico-Químicas			
a) Pérdida de masa			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	100	100 ± 2
Duración	h	168	168
- Pérdida máxima:	mg/cm ²	1.5	0.5
b) Presión a temperatura elevada			
Tratamiento:			
Temperatura	°C	90	115 ± 2
Duración	h	6	6
Coefficiente k	-	0.7	0.7
- Profundidad máxima de la huella	%	50	50
c) Comportamiento a baja temperatura:			
Tratamiento: Temperatura	°C	-15	-30 ± 2
Tipo de muestra: Halterio	-	-	-
- Alargamiento mínimo a la rotura	%	20	20
d) Resistencia al desgarro (con corte)			
Tratamiento: Temperatura	°C	20 ± 5	20 ± 5
- Resistencia mínima	N/mm ²	10	24
e) Contracción a cable completo			
Tratamiento:			
Temperatura	°C		80 ± 2
Duración	h		5x5
- Contracción máxima	%		7

media tensión
cables tipo eprotenax compact
TABLA II (CONTINUACIÓN)

Características de las cubiertas PVC de los cables EPROTENAX COMPACT.

Características	Unidades	Cubierta PVC	Cubierta VEMEX (habitual)
Físico-Químicas			
f) Resistencia a la abrasión Tratamiento: Temperatura Masa aplicada Velocidad - Mínimo número de desplazamientos	°C kg m/s -		20 ± 5 36 0.3 ± 15% 8
g) Absorción de agua (método gravimétrico) Tratamiento: Temperatura Duración - Variación máxima de masa	°C h mg/cm ²	85 ± 2 336 5	85 ± 2 336 0.5
h) Contenido en metales pesados - Contenido en plomo	%	>1	<0.5 (*)
i) Emisión de gases ácidos (corrosividad) - Valor mínimo de pH - Valor máximo de la conductividad	pH μS/mm	3 100	4,3 10
j) Pérdida de las características mecánicas debido a la exposición a la intemperie - Variación máxima de la resistencia a la tracción. - Variación máxima del alargamiento	% %	25 25	15 15

Las características de la cubierta normal corresponden al tipo de mezcla ST2 (PVC) especificado en la Norma IEC 60502.

Las características de la cubierta VEMEX corresponden al tipo de mezcla de poliolefina especificado en la UNE HD 620. Los ensayos para la comprobación de estas características se realizan según la Norma UNE 60811.

(*) El compuesto utilizado para la cubierta Z1 (VEMEX), no contiene hidrocarburos volátiles ni halógenos, ni metales pesados (excepto una mínima cantidad de Pb en caso de cubiertas con coloración roja).

TABLA III

Resistencia eléctrica máxima en corriente continua a 20°C en Ω/km.

Sección nominal mm ²	R máx Ω/km		Sección nominal mm ²	R máx Ω/km	
	Cobre desnudo	Aluminio		Cobre desnudo	Aluminio
10	1.830	-	120	0.153	0.253
16	1.150	1.910	150	0.124	0.206
25	0.727	1.200	185	0.0991	0.164
35	0.524	0.868	240	0.0754	0.125
50	0.387	0.641	300	0.0601	0.100
70	0.268	0.443	400	0.0470	0.0778
95	0.193	0.320	500	0.0366	0.0605

Los valores que figuran en la presente tabla están de acuerdo a la norma UNE EN 60228. Los diámetros de las cuerdas son aproximados.

media tensión
cables tipo eprotenax compact
TABLA IV

Capacidad en $\mu\text{F/km}$

Sección nominal mm^2	Cables unipolares y tripolares apantallados						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
10	0.248	0.199	-	-	-	-	-
16	0.282	0.224	0.208	-	-	-	-
25	0.327	0.257	0.234	-	-	-	-
35	0.368	0.288	0.262	0.275	0.199	-	-
50	0.416	0.324	0.293	0.309	0.229	0.183	0.150
70	0.475	0.367	0.332	0.342	0.258	0.215	0.176
95	0.499	0.414	0.374	0.385	0.288	0.249	0.207
120	0.550	0.454	0.409	0.423	0.315	0.271	0.232
150	0.590	0.487	0.438	0.441	0.336	0.294	0.253
185	0.648	0.533	0.488	0.482	0.366	0.324	0.281
240	0.752	0.617	0.553	0.543	0.421	0.365	0.312
300	0.816	0.668	0.599	0.587	0.455	0.387	0.340
400	0.853	0.735	0.658	0.646	0.499	0.417	0.366
500	0.907	0.793	0.737	0.718	0.556	0.465	0.409

Valores informativos calculados en base a los datos dimensionales de los cables que figuran en este catálogo.

TABLA V

Tensiones de ensayo en fábrica

Tensión nominal U_0/U (kV)	Ensayo de tensión. Tensión aplicada en c.a. durante 5 min para $U \leq 30$ kV (kV)	Ensayo de descargas parciales. Tensión de ensayo (kV)	Nivel de aislamiento a impulsos, U_p (kV)
1,8/3	6.5	-	-
3,6/6	12.5	6.3	60
6/10	21	10.5	75
8,7/15	30.5	15.2	95
12/20	42	21	125
15/25	52.5	26.2	145
18/30	63	31.5	170

media tensión
cables tipo eprotenax compact
TABLA VI

Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (90 °C)

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 90 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.403	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.262	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.161	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.102	-	-
500	0.051	0.084	-	-

TABLA VII

Resistencia a la frecuencia de 50 Hz (105 °C)

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.446	-	2.484	-
16	1.540	2.533	1.566	2.574
25	0.972	1.602	0.991	1.633
35	0.702	1.157	0.715	1.176
50	0.519	0.847	0.528	0.887
70	0.359	0.591	0.365	0.601
95	0.259	0.427	0.264	0.434
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224
240	0.104	0.170	0.105	0.173
300	0.083	0.136	-	-
400	0.066	0.108	-	-
500	0.054	0.089	-	-

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 24).

media tensión

cables tipo eprotenax compact

TABLA VIII

Reactancia la frecuencia de 50 Hz

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.135	-	-	-	-	-	-
16	0.126	-	-	-	-	-	-
25	0.118	0.125	0.134	0.141	-	-	-
35	0.113	0.118	0.128	0.135	0.140	-	-
50	0.108	0.113	0.122	0.128	0.130	0.140	0.148
70	0.101	0.106	0.115	0.120	0.122	0.130	0.137
95	0.099	0.102	0.110	0.115	0.116	0.121	0.129
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.109	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113
240	0.088	0.090	0.097	0.101	0.103	0.106	0.109
300	0.086	0.088	0.093	0.097	0.099	0.103	0.105
400	0.085	0.086	0.091	0.095	0.095	0.100	0.103
500	0.084	0.084	0.089	0.092	0.093	0.096	0.099
Un cable tripolar							
10	0.115	-	-	-	-	-	-
16	0.107	-	-	-	-	-	-
25	0.100	0.105	0.118	0.127	-	-	-
35	0.095	0.100	0.112	0.120	0.121	-	-
50	0.091	0.095	0.106	0.114	0.113	0.124	0.135
70	0.086	0.090	0.100	0.107	0.106	0.115	0.125
95	0.083	0.087	0.096	0.102	0.101	0.108	0.115
120	0.081	0.084	0.093	0.098	0.097	0.103	0.110
150	0.079	0.082	0.090	0.096	0.095	0.100	0.105
185	0.079	0.081	0.089	0.094	0.093	0.097	0.101
240	0.076	0.079	0.085	0.090	0.090	0.093	0.097

Nota: La caída de tensión de la línea para el caso de corriente alterna trifásica, se calcula con la fórmula aproximada: $\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$. Donde L, en km, es la longitud de la línea. I, en A, es la intensidad de corriente a transportar. (Se recomienda ver ejemplo de cálculo en la página 24).

BIBLIOGRAFÍA

- **“Centros de Transformación. Criterios de Diseño”**: Manoel Da Costa. Ediciones de Autor Técnico, S. L. Madrid 1998.
- **“Estaciones de Transformación y Distribución. Protección de Sistemas Eléctricos”**: José Ramírez Vázquez. CEAC. Barcelona 2004.
- **“Cálculo de Instalaciones y Sistemas Eléctricos”**: Diego Carmona Fernández. Ediciones EDIATEC, Madrid 2002.
- **“Proyectos Eléctricos: Planos y Esquemas”**: Jesús Trashorras Montéeseles, Editorial: Thomson Paraninfo, Madrid 2000.
- **“Instalaciones Eléctricas en media y baja tensión”**: José García Transacos, Editorial: Paraninfo, Madrid 1999
- **Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.**
- **Recomendaciones UNESA**
- Normas de diseño de la aparamenta eléctrica:
 - UNE 20 099, 20 104-1
 - CEI 129,265-1, 298
 - UNE 20 100, 20 135, 21 081, 21 136, 21 139
 - RU 6407 B
 - CEI 56,420, 694
 - RU 1303 A
 - UNE 20 101
 - RU 5201
- **Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de A.T .**
- **Normas particulares de la Cía. Suministradora de la Energía.**
- **Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales y Reglamentos que lo desarrollan.**
- Catálogo: **“Centros de Transformación Prefabricados hasta 36 kV”** Ormazabal.
- Catálogo: **“Celdas de Media Tensión”** Olmazabal.



- Catálogo: “**Transformadores de Distribución**” Alkargo.
- Catálogo: “**Cables y accesorios para Media Tensión**” Prysmian.
- Catálogo: “**Aisladores SGD La Granja**” La Granja
- Catálogo: “**Aparamenta de Media Tensión**” Inael.
- Catálogo: “**Catálogo General**” Imedexsa.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de la línea aérea	15
TABLA 2: Características del conductor de la línea aérea	16
TABLA 3: Características del aislador de la línea aérea.....	17
TABLA 4: Características de la cadena de aisladores de la línea aérea.....	18
TABLA 5: Características de herrajes de la cadena de aisladores	19
TABLA 6: Esfuerzos totales de los apoyos.....	20
TABLA 7: Dimensiones del tipo de armado S.....	21
TABLA 8: Tabla de apoyos utilizados	22
TABLA 9: Tabla 10 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones	22
FIGURA 3: Esquema de la excavación para la colocación del apoyo	23
TABLA 10: Dimensiones de la excavación monobloque	23
TABLA 11: Características seccionador unipolar.....	24
TABLA 12: Características seccionador tripolar	25
TABLA 13: Características cortacircuitos fusible.....	26
TABLA 14: Norma UNE 21087	26
TABLA 15: Características pararrayos autoválvulas	27
TABLA 16: Características línea subterránea	28
TABLA 17: Características conductor de línea subterránea	28
TABLA 18: Características Centro de Transformación	34
TABLA 19: Características celda CGM.....	37
TABLA 20: Características celda CGM-CML Interruptor-seccionador.....	38
TABLA 22: Características celda CGM-CMM Medida	40
TABLA 23: Características transformador de medida: TENSIÓN.....	40
TABLA 24: Características transformador de medida: INTENSIDAD.....	41
TABLA 25: Características transformador: POTENCIA.....	41
TABLA 26: Otras características Sistema Autónomo de Protección: RPGM	46
TABLA 27: Descripción de la línea aérea.....	50
TABLA 28: Características de la línea aérea	51
TABLA 29: Características eléctricas del conductor de la línea aérea	52
TABLA 30: Tabla 11 Reglamento de Líneas de Alta Tensión	56
TABLA 31: Tabla 12 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Nivel de aislamiento normalizado	70
TABLA 32: Nivel de aislamiento normalizado para la línea aérea de 20 kV	70
TABLA 33: Tabla 12 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Niveles mínimos de aislamientos	71
TABLA 34: Características aislador SGD E-40-100	73
TABLA 35: Comparación de valores de la cadena de aisladores con los exigidos en el Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.....	74
TABLA 36: Características mecánicas del conductor de la línea aérea.....	77
TABLA 37: Tabla 4 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Condiciones de hipótesis que limitan la tracción máxima admisible.....	80

TABLA 38: Tabla 4 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Condiciones de hipótesis que limitan la tracción máxima admisible	80
TABLA 39: Valores de tensión mecánica. Tensión de cada día	82
TABLA 40: Valores de tensión mecánica. Tensión de horas frías	82
TABLA 41: Valores de tensión mecánica. Viento a baja temperatura	83
TABLA 43: Flecha máxima. Temperatura.....	84
TABLA 44: Flecha máxima. Viento	84
TABLA 45: Flecha máxima. Hielo	84
TABLA 46: Valores de apoyo. Cálculo: Fenómeno vibratorio.....	85
TABLA 47: Valores de apoyo. Cálculo: Tracciones máximas admisibles	86
TABLA 48: Valores de apoyo. Cálculo: Tracciones viento, hielo, temperatura y flecha máxima	87
TABLA 49: Tabla tendido. Vano 1	89
TABLA 50: Tabla tendido. Vano 2	90
TABLA 51: Tabla tendido. Vano 3	91
TABLA 52: Tabla tendido. Vano 4	92
TABLA 53: Tabla tendido. Vano 5	93
TABLA 54: Tabla tendido. Vano 6	94
TABLA 55: Tabla tendido. Vano 7	95
TABLA 56: Tabla tendido. Vano 8	96
TABLA 57: Tabla tendido. Vano 9	97
TABLA 58: Tabla tendido. Vano 10	98
TABLA 59: Tabla tendido. Vano 11	99
TABLA 60: Tabla tendido. Vano 12	100
TABLA 61: Tabla tendido. Vano 13	101
TABLA 62: Tabla tendido. Vano 14	102
TABLA 63: Tabla tendido. Vano 15	103
TABLA 64: Tabla tendido. Vano 16	104
TABLA 65: Tabla tendido. Vano 17	105
TABLA 66: Tabla 16 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Coeficiente de K en función del ángulo de oscilación	106
TABLA 67: Separación de los conductores entre sí.....	107
TABLA 68: Altura útil de los apoyos	110
TABLA 69: Tabla 8 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Hipótesis de cálculos para apoyos de líneas situadas en zonas B y C.....	112
TABLA 70: Tabla 9 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Hipótesis de cálculo según el tipo de apoyo	113
TABLA 72: Pesos de la cadena de amarre	115
TABLA 73: Modelos de apoyos usados.....	130
TABLA 74: Tabla 10 Reglamento de Líneas de Alta Tensión. Características orientativas del terreno para el cálculo de cimentaciones	131
TABLA 75: Dimensiones de la excavación monobloque	132
TABLA 76: Carga de rotura y coeficiente de seguridad de los herrajes	133
TABLA 77: Dimensiones de la ventilación del Centro de Transformación	143
TABLA 78: Importe Apoyos Línea Aérea	212
TABLA 79: Importe Cimentaciones Línea Aérea.....	213



TABLA 80: Importe Conductores Línea Aérea	214
TABLA 81: Importe Aisladores Línea Aérea	214
TABLA 82: Importe Sistema de protección Línea Aérea	215
TABLA 83: Importe Mano de obra Línea Aérea	215
TABLA 84: Presupuesto total de la Línea Aérea	216
TABLA 85: Importe Conducotores Línea Subterránea.....	216
TABLA 86: Importe Mano de obra Línea Subterránea.....	217
TABLA 87: Presupuesto total Línea Subterránea	217
TABLA 88: Importe Instalación Centro de Transformación	218
TABLA 89: Importe Mano de obra Centro de Transformación.....	218
TABLA 90: Importe Total Centro de Transformación	219

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Emplazamiento del proyecto	13
FIGURA 3: Esquema de la excavación para la colocación del apoyo	23
FIGURA 4: Esquema cálculo distancia media geométrica (DMG)	59
FIGURA 5: Impedancia de la línea	61
FIGURA 6: Circuito eléctrico equivalente de una línea aérea	61
FIGURA 7: Esquema para el cálculo de desniveles.....	114
FIGURA 8: Esquema de la excavación para la colocación del apoyo	131

